



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE LIMPIEZA POR
MEDIO DE ULTRASONIDO**

**AUTORES:
JHONNY JAVIER NÚÑEZ HEREDIA
ENRIQUE CEVERINO VILLAMAR MARTÍNEZ**

**TUTOR:
ING. MÓNICA MIRANDA RAMOS**

GUAYAQUIL, 2017

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo: Jhonny Javier Núñez Heredia declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es bajo mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Guayaquil, Agosto del 2017.

Jhonny Javier Núñez Heredia

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo: Enrique Ceverino Villamar Martínez declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es bajo mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Guayaquil, Agosto del 2017.

Enrique Ceverino Villamar Martínez

DECLARATORIA SOBRE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual por su reglamento y por su normatividad institucional vigente.

Guayaquil, Agosto del 2017.

Jhonny Javier Núñez Heredia

DECLARATORIA SOBRE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual por su reglamento y por su normatividad institucional vigente.

Guayaquil, Agosto del 2017.

Enrique Ceverino Villamar Martínez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia, por su apoyo incondicional, consejos para poder terminar mis estudios superiores.

Jhonny Núñez Heredia

DEDICATORIA

Él que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado, el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por todo con toda humildad que mi corazón que puede emanar dedico primeramente mi trabajo de grado a DIOS.

De igual manera, dedico esta trabajo de grado a mi Madre que ha sabido formame con buenos hábitos y valores, que me ha acompañado durante toda mi trayectoria estudiantil y de vida, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

Agradezco también el apoyo brindado por parte de mis hermanas, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

Dedico este trabajo también a todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Enrique Villamar Martínez

AGRADECIMIENTO

Al concluir este trabajo de titulación quisiera expresar mis agradecimientos a todas las personas que con su ayuda han facilitado concluir este proyecto.

En especial a mi compañero de trabajo de grado por su perseverancia y continua lucha para lograr este objetivo.

A mi tutora Ing. Mónica Miranda que brindó su ayuda en todo momento.

A mis docentes y compañeros de universidad que juntos compartimos enseñanzas durante todo el período académico.

A mi familia y amigos que me ayudan cada día a seguir adelante cosechando logros como este.

Jhonny Núñez Heredia

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por bendecirme en cada paso que doy, haberme dado salud para alcanzar este sueño anhelado además de su infinita bondad y amor.

A mi madre.

Por darme la vida y creer en mí, es el pilar fundamental en todo lo que soy, toda mi educación, sus consejos, sus valores, que me han permitido ser una persona de bien y su apoyo incondicional pero más que nada por su amor.
A mis hermanas por ser partes de mi vida y representar la unión familiar.

A mis maestros.

Por su enseñanza y conocimiento para la culminación de mis estudios profesionales.
A mi tutora de tesis Ing. Mónica Miranda por su esfuerzo y dedicación incondicional con sus conocimientos, su experiencia y su paciencia brindada.

A mis compañeros

Quienes formaron parte de los logros en el trayecto de mi formación como profesional. I a los amigos que me han ayudado con conocimientos y experiencias profesionales en el ámbito laboral.

Enrique Villamar Martínez

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR	TEMA
2017	JHONNY JAVIER NÚÑEZ HEREDIA	ING. MÓNICA MIRANDA RAMOS	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE LIMPIEZA POR MEDIO DE ULTRASONIDO
	ENRIQUE CEVERINO VILLAMAR MARTÍNEZ		

Este moderno sistema de limpieza ha sido dirigido para lavado de instrumentos médico hospitalario por ultrasonido, es un efecto creado por la acción de ondas acústicas de alta frecuencia, el ultrasonido viaja a través de un medio que en este caso es un líquido. Estas ondas reaccionan a cierta frecuencia produciendo cavitación, esto es la explosión de millones de micro burbujas desprendiendo la suciedad de los elementos expuestos al sistema de lavado, obteniendo como resultado una limpieza de calidad.

Un equipo básico requerido para limpieza por ultrasonido incluye transductores, recipiente, generador de ultrasonido, pero según su aplicación se pueden adicionar más sistemas como calefacción y control electrónico.

Este prototipo implementado para el lavado de utensilios médicos hospitalarios se basa en generar señales de ultrasonido a 40 KHz para los transductores piezoeléctricos ubicados en la parte baja de un recipiente, que alojará agua en su interior donde se produce la cavitación, también la instalación de resistencias de silicona adheridas al recipiente para llevar a 35° de temperatura el agua, logrando así un mejor lavado.

La implementación consta con la tarjeta de adquisición de datos **EK-TM4C1294XL**, donde se programó todas las funciones del sistema de lavado, como el PID que controla la temperatura del agua, un teclado que permite elegir tiempos según parámetros de operación y una pantalla LCD para visualizar los eventos de funcionamiento. Además, se diseñó tarjetas de potencia generadoras de frecuencia para los transductores y un circuito de interface para el control de las resistencias adhesivas.

La elaboración de este prototipo es de bajo costo comparado con un equipo importado de similares características, consecuentemente este trabajo pretende analizar su desarrollo y aplicación a los hospitales públicos que no cuentan aún con este tipo de lavadoras, el diseño cumple los requerimientos para el proceso de limpieza hospitalaria, ajustándose a sus áreas en las cuales se planteó el problema, sus limitaciones, los objetivos, importancia y su alcance. Por ende, se sugiere socializarlo en los centros hospitalarios del Ministerio de Salud Pública.

PALABRAS CLAVES:

Ultrasonido, cavitación, Transductores, Generador, alta frecuencia, TI, PID, tarjeta

ABSTRACT

YEAR	STUDENT	TUTOR	TOPIC
2017	JHONNY JAVIER NÚÑEZ HEREDIA ENRIQUE CEVERINO VILLAMAR MARTÍNEZ	ING. MÓNICA MIRANDA RAMOS	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CLEANING PROTOTYPE FOR THROUGH ULTRASOUND

This modern ultrasonic cleaning system is an effect created by the action of high frequency acoustic waves. The ultrasound travels through a medium, in our case through a liquid, these waves react to a certain frequency producing cavitation, and this is the explosion of millions of micro bubbles detaching the dirt of the elements exposed to the washing system, obtaining as Result a quality cleaning.

A basic equipment required for ultrasonic cleaning includes transducers, vessel, ultrasonic generator, but according to its application can be added more systems such as heating and electronic control.

This prototype designed for the washing of hospital medical utensils is based on generating ultrasonic signals at 40 KHz for piezoelectric transducers located in the lower part of a vessel, which will house water inside it where cavitation occurs, micro bubble explosion, also Silicone resistors were attached to the vessel to bring the water to 35 ° C for better washing.

The implementation of this prototype consists of the data acquisition card EK-TM4C1294XL, where all the functions of the washing system were programmed, the PID that controls the water temperature, a keyboard for operation controls and an LCD screen to visualize the Events.

In addition, frequency generating power boards were designed for the transducers and an interface circuit for the control of the adhesive resistors.

The prototype implemented for cleaning purposes is based on recommending innovative technology to hospitals, it is designed to cover the needs of the hospital medical cleaning process, adjusting to its areas, in which the problem was raised, its limitations, objectives, Importance and scope of the prototype.

KEYWORDS:

Ultrasound, Cavitation, Transducers, Generator, High Frequency, TI, PID, Board.

Índice de título

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- EL PROBLEMA	2
1.2.-Planteamiento del problema.....	2
1.3.- Antecedentes.....	2
1.4.- Importancias y alcances.....	3
1.5.-Delimitación.....	3
1.6.-Explicación del problema	3
1.7.-Objetivos.....	5
1.7.1.-Objetivo general	5
1.7.2.-Objetivos específicos.	5
2.- ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1.-Ultrasonido	6
2.2.-Limpieza por ultrasonido.....	7
2.3.-Cavitación.....	8
2.4.- Transductor	9
2.4.1.-Transductores piezoeléctricos	9
2.5.-Sensor LM 35.....	10
2.6.-Resistencia de silicona.....	10
2.7.-PID.....	11
2.7.1.- Regla de Ziegler-Nichols para la sintonía de PID.....	12
2.7.2.- Método de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID	13
2.8.- Relé de 12VDC.....	14
2.9.-Tarjetas de adquisiciones de datos.....	14
2.10.-Convertidores de AC-AC.	15
2.10.1.-Etapa de rectificación.....	16
2.10.2.-Etapa del inversor.....	16
2.10.2.1.-Inversor con topología de medio puente (Hall bridge).....	17
3.- MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1- Diseño y construcción del prototipo.	18
3.2- Diagrama de bloques del sistema de lavado por ultrasonido.	18
3.3- Representación y ubicación de elementos.	19
3.4.1- Diseño y construcción de carcasa.	21
3.4.2 Elección del contenedor (tanque de limpieza).....	23

3.4.2.1 Condicionamiento y requerimientos del contenedor (tanque de limpieza).	24
3.5- Cálculo de la potencia del lavado por medio ultrasonido.	26
3.5.1- Selección de transductores piezoeléctricos.	27
3.6.- Diseño y construcción electrónica.	29
3.6.1.- Diseño y construcción de generador placa de potencia.	29
3.6.2.- Consideraciones del diseño.	32
3.6.3.- Diseño y construcción de baquelita pistas.	35
3.6.4.- Diseño y construcción de baquelita PCB.	36
3.7.-Descripción del PID.	37
3.7.1.- Sensor de temperatura para el control del PID.	38
3.7.2.- Resistencia calorífica para elevar la temperatura.	39
3.7.3.- Software para simulación del PID.	41
3.7.4.- Parámetros PID por medio del Ziegler Nichols.	45
3.7.5.- Interface de conexión para el PID.	47
3.8.- Programación tarjeta de control.	49
3.9.- Diseño de circuitos interfaces para adaptación con placa EK-TM4C1294XL.	54
3.9.1.- Diseño de pistas para circuitos interfaces.	58
3.9.2.- Diseño y construcción de baquelita PCB para circuito interfaces.	59
3.9.3.- Pruebas de circuitos interfaces con placa TI.	60
4.- RESULTADO	61
Prueba de cavitación	61
4.1.- Carcaza.	62
4.2.- Contenedor y transductores.	64
4.3.- Placa generadora de potencia.	65
4.4.- PID.	66
4.5.- TI (Texas instruments)	67
4.6.- Diseño y construcción de circuitos interface.	68
6.- CONCLUSIONES.	70
7.- RECOMENDACIONES	71
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
Anexos	74
A - Manual de funcionamiento y mantenimiento.	74
B - Muestra de registro temperatura de medición por Fluke 289.	74

C - Hoja de datos de elementos electrónicos:	74
--	----

Índice de figura

Figura 1. Frecuencia del sonido.	7
Figura 2. Demostración de la limpieza por ultrasonido.	7
Figura 3. Formación de la cavitación.	8
Figura 4. Variedad de transductores ultrasónicos.	9
Figura 5. Encapsulado LM35.	10
Figura 6. Resistencia de silicona de 120v-130W.	11
Figura 7. Método experimental PID de una planta.	12
Figura 8. Explicación en gráfica método experimental.	13
Figura 9 Regla de sintonía de Ziegler-Nichols.	13
Figura 10. Partes internas de un relé.....	14
Figura 11. Parte de la tarjeta TI.	15
Figura 12. Diagrama de etapa de rectificación.....	16
Figura 13. Circuito inversor de medio puente.....	17
Figura 14. Diagrama de bloques del sistema de lavado por ultrasonido.	18
Figura 15. Representación AutoCAD.....	19
Figura 16. Representación y ubicación de elementos en el prototipo.	20
Figura 17. Diseño en AutoCAD, vista.	21
Figura 18. Vistas de la carcasa en AutoCAD.	22
Figura 19. Vistas del contenedor en AutoCAD.....	23
Figura 20. Vistas del contenedor en AutoCAD.....	24
Figura 21. Zona de trabajo.	25
Figura 22. Perforaciones para drenaje.	25
Figura 23. Relación entre el tamaño del tanque y requerimiento de potencia equivalente a efectos de limpieza ultrasónica.	26
Figura 24. Transductores Piezoeléctricos.	29
Figura 25. Circuito electrónico A.....	30
Figura 26. Circuito electrónico B.....	30
Figura 27. Diseño en Proteus 8 Professional.	31
Figura 28. Circuito generador placa de potencia.	31
Figura 29. Diseño de pistas para placa generadora de potencia.	35
Figura 30. Fabricación de PCB.....	36
Figura 31. Montaje elementos electrónicos.	36
Figura 32. PCB ensamblados.	37
Figura 33. Diagrama de conexión del LM35.....	39
Figura 34. Estimación de la gráfica.	41
Figura 35. Comparaciones de gráficas.....	42
Figura 36. Porcentajes de comparaciones graficas.....	42

Figura 37. Grafica elegida.....	43
Figura 38. Valores para la función de transferencia.....	43
Figura 39 Diagrama de control de lazo cerrado.....	44
Figura 40 Valores que se ingresaron en la programación.....	44
Figura 41 Respuesta de simulación del controlador.	45
Figura 42 Grafica del método de Ziegler Nichols.....	46
Figura 43. Diseño en Proteus 8 Professional.	48
Figura 44. Circuito de interface para control de potencia.	49
Figura 45. Software energía donde se programó.	51
Figura 46. Código de programación.....	53
Figura 47. Conexiones de elementos.	54
Figura 48. Diseño de circuitos en Proteus 8 Professional.....	56
Figura 49. Diseño de circuitos interfaces del proyecto entero.	57
Figura 50. Diseño de pistas para placa principal.	58
Figura 51. Vista superior de placa de circuitos PCB interfaces construida.	59
Figura 52. Vista inferior de placa de circuitos PCB interfaces construida.	59
Figura 53. Demostración del funcionamiento de las placas.....	60
Figura 54. Papel de aluminio de prueba.....	61
Figura 55. Resultado del papel de aluminio.....	61
Figura 56. Carcaza prototipo implementada.....	62
Figura 57. Vista de frente con la pantalla y teclado.....	63
Figura 58. Vista de conexión de cable de poder y extractor.	63
Figura 59. Electroválvula y elementos de drenaje.	64
Figura 60. Contenedor.	64
Figura 61. Foto de la placa generadora de potencia.....	65
Figura 62. Pruebas de placas generadoras de potencia.	65
Figura 63. Demostración de parámetros PID.	66
Figura 64. Gráfica de Polos y ceros.....	66
Figura 65. Prueba de control de potencia a un foco incandescente.....	67
Figura 66. Implementación en protoboard para demostración de código.....	67
Figura 67. Pruebas de programación con todos los parámetros requerido.....	68
Figura 68. Pruebas de placa de circuitos de interface.	68
Figura 69. Pruebas de placa de circuitos interface.....	69

Índice de tabla

Tabla 1 Características de transductor.....	28
Tabla 2 Estimación de parámetros de PID.	47

1.- INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó con el fin de dar a conocer las lavadoras por medio de ultrasonido en este caso para limpieza de instrumental médico hospitalario, aportar con información para el desarrollo local y dejar un campo abierto relacionado al proceso e investigación de la tecnología de ultrasonido.

El sistema de limpieza comprende un generador de ultrasonido a 40KHz que es la frecuencia de resonancia de los transductores piezoeléctricos, un recipiente de acero inoxidable para el llenado de líquido donde se produce la cavitación, resistencias de silicón adheridas en los extremos del recipiente para su calefacción, un sensor de temperatura y la tarjeta de adquisición de datos para el control electrónico y el funcionamiento del PID.

Evidenciamos la importancia del circuito electrónico generador de ultrasonidos en la cual se basa parte de nuestra investigación, este genera una señal de 40 kilo ciclos por auto-oscilación con la topología de medio puente (Half Bridge) junto a la construcción del transformador de alta frecuencia para transferir las señales eléctricas a los transductores, se debe considerar lo complejo de su diseño y construcción.

1.1.- EL PROBLEMA

1.2.-Planteamiento del problema

La limpieza de los instrumentos quirúrgicos en los hospitales, son sin duda una problemática para las tareas de enfermería, siendo la más común por medio de enjuagues manuales, teniendo como riesgo pinchazos o cortes con el utensilio contaminado, también debido a los diseños de los utensilios es difícil llegar a sus cavidades de una manera cómoda y tomando en cuenta los parámetros establecidos que se deben cumplir para reutilizar.

Con este método de limpieza por ultrasonido se estaría innovando a una nueva tecnología y sustituyendo el sistema de limpieza tradicional, se le puede dar uso en las siguientes áreas:

Gastroenterología. - Se puede usar para la limpieza de endoscopio e instrumental de micro-cirugía.

Esterilización.- Para el lavado antes de la esterilización de los instrumentales quirúrgicos.

Odontología.- Para limpiar instrumentos dentales.

Laboratorio.- Para la limpieza de utensilios.

1.3.- Antecedentes

A través de los años se han desarrollado muchos métodos para realizar una limpieza industrial, que reduzca los tiempos de operación y que muestren resultados de calidad, por lo cual se ha desarrollado un campo de la limpieza de objetos mediante el uso de la tecnología del ultrasonido.

El uso de las lavadoras por ultrasonidos no está muy difundido en nuestro medio, se desconoce sus beneficios, aplicaciones y ventajas. Se debe reconocer que las lavadoras por ultrasonidos en nuestro medio son muy escasas, debido a la tecnología aplicada en la limpieza.

1.4.- Importancias y alcances

El presente proyecto se fundamenta en el desarrollo de un prototipo electrónico de limpieza por ultrasonido que aporta con información de la construcción de lavadora ultrasónica para poder desarrollarla localmente. Este tipo de maquina resulta muy costosa adquirirla y su precio varía dependiendo de sus funcionamientos, características y capacidad.

Este prototipo se lo puede desarrollar de manera local ayudando a la matriz productiva, considerando los elementos de importación y la mano de obra local, esta lavadora tiene un 70% de VAE (Valor Agregado Ecuatoriano). También se lo puede fabricar y distribuir en nuestro medio, según información recopilada en la ciudad de Guayaquil en siete hospitales públicos y privados consultados. De estos solo dos privados cuentan con este tipo de equipos.

1.5.-Delimitación

Este proyecto se realizó en el transcurso del 2016 hasta el 2017, en la Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil, mediante un enfoque investigativo en el departamento de esterilización del Hospital de niños “León Becerra” ubicado en el sector sur de la ciudad de Guayaquil. El proyecto consta con una tarjeta de Texas Instruments de modelo EK-TM4C1294XL, la cual se programó con el lenguaje ensamblador de la misma marca Texas. Tiene una pantalla LCD Screen 16x4 en la cual se visualiza los parámetros ingresados, mismos que se introdujeron por medio de un teclado matricial 4x4. Consta de diez transductores ultrasonidos de 60W a 40KHz que generan ondas de ultrasonidos. El calentamiento es por medio de una resistencia eléctrica de silicona de 120v a 130W la cual llegará a 30°C, el encapsulado LM35 censa la temperatura y funciona en un control de lazo cerrado. El recipiente es de acero inoxidable, tiene una capacidad máxima de doce litros de agua, para el drenaje de líquido consta de una electro-válvula de 120v de un ¼” de diámetro. La estructura metálica de acero que sirve de soporte para el recipiente y protege todos los elementos, tiene de dimensiones: 55cm de ancho, 33cm de alto y 43 cm de largo.

1.6.-Explicación del problema

El proyecto propuesto comprende la limpieza de utensilios hospitalarios por medio de ultrasonido, las limpiezas son uniforme, incluso en orificios y conductos internos difíciles de limpiar por métodos tradicionales.

Información recopilada en el Hospital de niños “León Becerra” en el departamento de esterilización, los procedimientos que se lleva a cabo para la esterilización son los siguientes:

- Pre-lavado
- **Lavado**
- Secado
- Lubricado
- Empaquetado
- Esterilizado
- Control y almacenamiento.

Dentro de la etapa de lavado está el remojo de los instrumentos con detergente por una duración de 15 minutos, luego se hace el cepillado en el grifo con abundante agua para posteriormente secar y por último empaquetar para ingresar a la autoclave.

En el lavado de los equipos e instrumentos mencionados, se considera la descontaminación como, por ejemplo: de la sangre, las heces y el esputo. Se verificó que la etapa de lavado, se la realiza por tres medios:

Manual.- Es la forma como lo hacen en el hospital “León Becerra”.

Mecánico.- Esta son las lavadoras mecánicas.

Ultrasónico.- Este es el método propuesto en esta tesis.

1.7.-Objetivos

1.7.1.-Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo de limpieza por medio de ultrasonido con el propósito de desinfectar utensilios hospitalarios.

1.7.2.-Objetivos específicos.

Seleccionar los dispositivos para el prototipo con respecto a temperatura, frecuencia y tiempo para una limpieza efectiva.

Analizar funcionamientos de los piezoeléctricos adecuados para este uso.

Programar con la Tarjeta Texas Instruments el control y funcionamiento del prototipo, debido a que son las más fiables para esta aplicación.

Diseñar y crear acondicionamiento de potencia para el funcionamiento de los transductores ultrasonidos.

Comprobar el uso de los transductores de ultrasonidos en esta aplicación.

Emplear control de lazo cerrado para el calentamiento adecuado de los líquidos que se ingresa en el recipiente.

Elaborar un manual de funcionamiento y mantenimiento del prototipo.

2.- ESTADO DEL ARTE

A través de los años se ha venido innovando con la tecnología y cada vez se busca hacer los procesos sin la intervención humana.

Es así como el uso de la tecnología del ultrasonido ha llegado a nivel relevante al punto que actualmente se considera a la tecnología ultrasónica una rama importante de la física, que tiene aplicaciones en varios campos como por ejemplo la, Electrónica, Medicina, Odontología, Mecánica, etc.

En la actualidad el término “Ultrasonido” se lo aplica en áreas relativamente nuevas en la ingeniería de nuestro medio. Este término está relacionado con la energía acústica de alta frecuencia y en conjunto con transductores piezoeléctricos se utiliza para obtener un sistema de limpieza.

2.1.-Ultrasonido

El término ultrasonido indica con claridad aquello que está más allá (ultra) del sonido, los ultrasonidos son ondas mecánicas sonoras con una frecuencia superior a 20.000 Hz, que no son percibidas por el oído humano; sin embargo, tienen muchas aplicaciones en campos como la medicina, la biología, la física, la química y la industria.

La aplicación más antigua y conocida es el sonar, que se utiliza en la detección y la localización de objetos se basa en la reflexión de un ultrasonido en un obstáculo para transformarlo posteriormente en una señal eléctrica visible en la pantalla.

Los ultrasonidos se generan por medio de materiales con características mecánico-eléctricas especiales y los materiales piezoeléctricos.

(Guioteca, 2011)

En la siguiente gráfica se muestra el rango de frecuencia, de mayor a menor.



Figura 1. Frecuencia del sonido.

(Carlos Pineda Villaseñor, 2012)

2.2.-Limpieza por ultrasonido.

La limpieza por ultrasonido activa la aceleración del proceso de separación del contaminante de la superficie a tratar. La limpieza ultrasónica se extiende desde las unidades pequeñas, por ejemplo, las pequeñas piezas de joyería, ópticas o dentistas hasta los sistemas con gran capacidad usados en una gran variedad de aplicaciones industriales. La selección o el diseño del equipo apropiado es el éxito de una limpieza ultrasónica perfecta.

(A&J Tecnoinnovacions S.L., 2016).



Figura 2. Demostración de la limpieza por ultrasonido.

(Rvaldizarbe, 2011)

2.3.-Cavitación

La Cavitación ultrasónica es un fenómeno mecánico producido por ondas de alta frecuencia y de baja intensidad energética, por lo tanto, no todos los ultrasonidos son capaces de provocar cavitación.

La cavitación consiste en la generación controlada y repetida de micro-burbujas de vacío en el interior de un líquido seguida de una implosión.

Estas ondas ultrasónicas con poder para realizar el fenómeno de cavitación, formando cavidades, que crecen progresivamente hasta llegar a un tamaño crítico produciéndose el estallido de las mismas y generando gran cantidad de energía térmica y de presión.

(Ing.Luis, 2016)



Figura 3. Formación de la cavitación.

(Ing.Luis, 2016)

2.4.- Transductor

Los transductores electrónicos de equilibrio de fuerzas se caracterizan por tener un movimiento muy pequeño de la barra de equilibrio, poseen realimentación, una elasticidad muy buena y un nivel alto en la señal de salida.

Por su constitución mecánica presentan un ajuste del cero y del alcance complicado y una alta sensibilidad a vibraciones y su estabilidad.

(SOLE, Medicion de caudal, 1997)

2.4.1.-Transductores piezoeléctricos

Los elementos piezoeléctricos son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. Dos materiales típicos en los transductores piezoeléctricos son el cuarzo y el titanio de bario, capaces de soportar temperaturas del orden de 150 °C en servicio continuo y de 230 °C en servicio intermitente.

Son elementos ligeros, de tamaño pequeño y de construcción robusta. Su señal de respuesta a una variación de presión es lineal y son adecuados para medidas dinámicas, capaces de responder con frecuencias de hasta un millón de ciclos por segundo. Tienen la desventaja de ser sensibles a los cambios de temperatura y precisar ajustes de impedancias en caso de fuerte choque. Así mismo, su señal de salida es relativamente débil, por lo que requiere de amplificadores y acondicionadores de señal que puedan introducir errores en la medición. (SOLE, Medicion de caudal, 1997).



Figura 4. Variedad de transductores ultrasónicos.

(UCE ultrasonic Ltd, 2012)

2.5.-Sensor LM 35.

Las series LM35 es un sensor de temperatura en un circuito integrado de precisión, con una tensión de salida linealmente proporcional a la temperatura en centígrados.

El LM35 tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineales calibrados en Kelvin, ya que el usuario no está obligado a restar un voltaje constante grande de la salida para obtener una escala de centígrado conveniente. El dispositivo LM35 no requiere ninguna calibración o recorte externo para proporcionar precisiones típicas de $\pm 1/4$ °C a temperatura ambiente y $\pm 3/4$ °C en un rango completo de temperaturas de -55 °C a 150 °C.

(National Semiconductor, 1994)

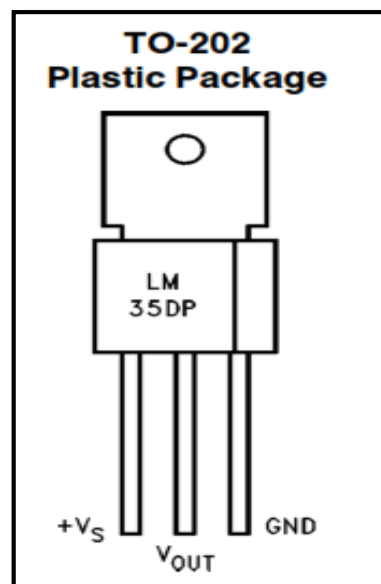


Figura 5. Encapsulado LM35.

(National Semiconductor, 1994)

2.6.-Resistencia de silicona

Las siliconas son polímeros que incluyen silicio junto con carbono, hidrógeno, oxígeno, y en ocasiones otros elementos químicos. Algunas formas comunes incluyen el aceite de silicona, grasa de silicona, caucho de silicona y resina de silicona. El químico Frederick Kipping fue pionero en el estudio de los compuestos orgánicos de silicio (organosilicios) y acuñó el término silicona.

En forma usual se ha convenido denominados siloxanos polimerizados o polisiloxanos. Las siliconas son mezclas de polímeros de compuestos orgánicos e inorgánicos con fórmula química $(R_2SiO)_n$, donde R es un grupo orgánico, como metilo, etilo o fenilo.

Estos materiales consisten en una cadena inorgánica de silicio y oxígeno (-Si-O-Si-O-Si-O-) con grupos laterales orgánicos, unidos a los átomos de silicio.

(K.L. Mittal, 2011)



Figura 6. Resistencia de silicona de 120v-130W.

(Los autores, 2017)

2.7.-PID

El controlador PID es una implementación simple de la idea de realimentación. Tiene la capacidad de eliminar errores en estado estacionario mediante la acción integral, y puede anticipar el futuro con la acción derivativa. Los controladores PID, o incluso los controladores PI, son convenientes para muchos problemas de control. Los controladores PID se encuentran en un gran número en todas las industrias y se presentan de muchas formas diferentes.

El controlador PID es una herramienta importante de los sistemas distribuidos para control de procesos. Los controladores están también embebidos en muchos sistemas de control de propósito especial.

El control PID se combina a menudo con cierta capacidad lógica, funciones secuenciales, selectores y bloques de funciones sencillos para construir así los complicados sistemas de automatización utilizados en la producción de energía, transporte y procesos de fabricación.

En conclusión, el control es una suma de tres términos que representan el pasado por la acción integral del error: (el término-I), el presente (el término-P) y el futuro por una extrapolación lineal del error (el término-D).

(Karl J. Åström, 2009)

2.7.1.- Regla de Ziegler-Nichols para la sintonía de PID

Control PID de una planta. Si se puede obtener un modelo matemático de la planta, es posible aplicar diversas técnicas de diseño con el fin de determinar los parámetros del controlador que cumpla las especificaciones transitorias y del estado estacionario del sistema en lazo cerrado.

Sin embargo, si la planta es tan complicada que no es fácil obtener su modelo matemático, tampoco es posible un método analítico para el diseño de un controlador PID. El proceso de seleccionar los parámetros del controlador que cumplan con las especificaciones de comportamiento dados, se conoce como sintonía del controlador. Ziegler y Nichols sugirieron reglas para sintonizar los controladores PID (esto significa dar valores a K_p , t_i y t_d) basándose en las respuestas escalón experimentales o en el valor de K que produce estabilidad marginal cuando sólo se usa la acción de control proporcional.

Las reglas de Ziegler-Nichols, que se presentan a continuación, son muy convenientes cuando no se conocen los modelos matemáticos de la planta. No obstante, el sistema resultante puede presentar una gran sobre elongación en su respuesta escalón de forma que resulte no aceptable.

En tales casos se necesitará una serie de ajustes finos hasta que se obtenga el resultado deseado.

(Ogata, 2010)

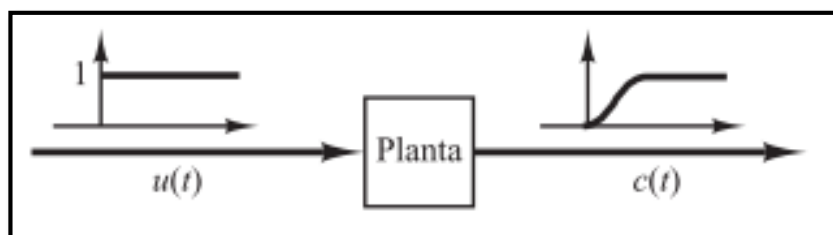


Figura 7. Método experimental PID de una planta.

(Ogata, 2010)

2.7.2- Método de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID

En el primer método, la respuesta de la planta a una entrada escalón unitario se obtiene de manera experimental. Si la planta no contiene integradores ni polos dominantes complejos conjugados, la curva de respuesta escalón unitario puede tener forma de S, como se observa en la figura 8. Este método se puede aplicar si la respuesta muestra la curva mencionada. Tales curvas de respuesta escalón se pueden generar experimentalmente o a partir de una simulación dinámica de la planta.

La curva con forma de S se caracteriza por dos parámetros: el tiempo de retardo L y la constante de tiempo T . El tiempo de retardo y la constante de tiempo se determinan dibujando una recta tangente en el punto de inflexión de la curva con forma de S y determinando las intersecciones de esta tangente con el eje del tiempo y con la línea $c(t)=k$. (Karl J. Åström, 2009)

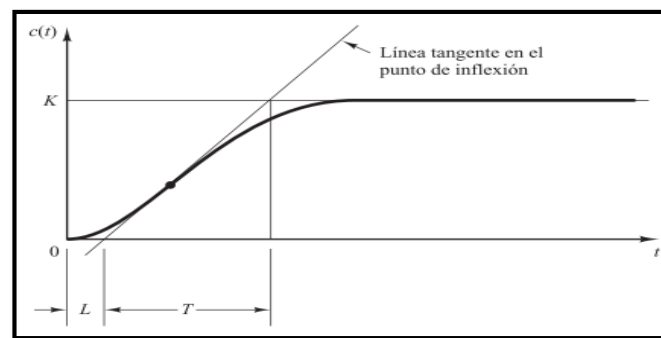


Figura 8. Explicación en gráfica método experimental.

(Ogata, 2010)

Valores del PID por el primer método de Ziegler-Nichols.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Figura 9 Regla de sintonía de Ziegler-Nichols.

(Ogata, 2010)

2.8.- Relé de 12VDC.

Un relé es un dispositivo electromecánico que nos permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia. La principal ventaja y el motivo por el que se usa bastante en electrónica es que la línea eléctrica está completamente aislada de la parte electrónica que controla el relé. Es decir, podemos construir un circuito electrónico (un temporizador, una fotocélula, etc.) y, a través de un relé, controlar cualquier tipo de aparato conectado a la red eléctrica.

(Gabriel, 2013)

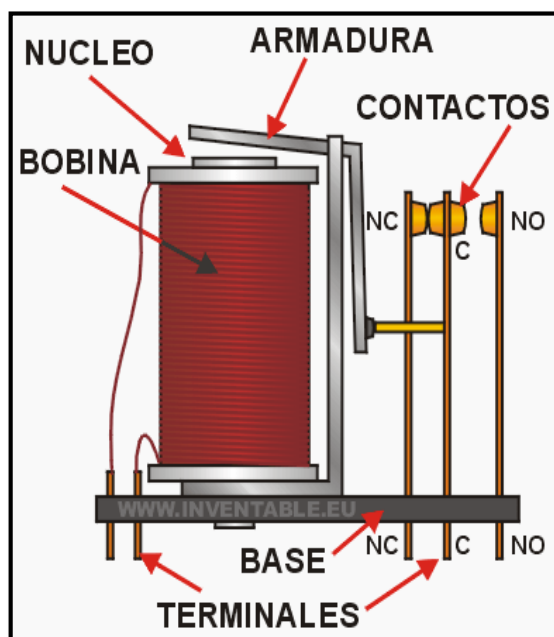


Figura 10. Partes internas de un relé.

(Gabriel, 2013)

2.9.-Tarjetas de adquisiciones de datos

LaunchPad es una plataforma electrónica de prototipos de código abierto, incluye un entorno de desarrollo integrado (IDE) que se basa en procesamiento. Se pueden utilizar para desarrollar objetos interactivos, teniendo entradas de una variedad de interruptores sensores y controlar luces, motores y otras salidas físicas.

Pueden ser autónomos (sólo se ejecutan en el tablero de destino, es decir, el área de ejecución), o pueden comunicarse con el software que se ejecuta en el ordenador (PC). (Texas Instruments Incorporated, 1995-2016)

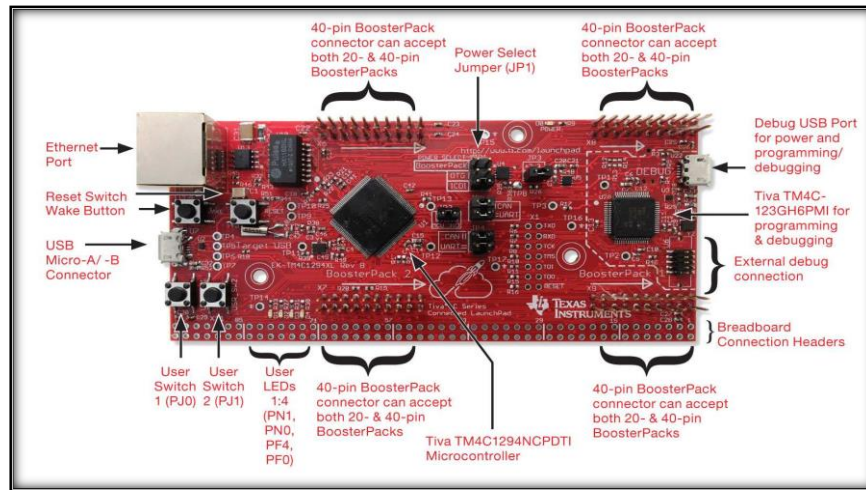


Figura 11. Parte de la tarjeta TI.

(Texas Instruments Incorporated, 1995-2016)

2.10.-Convertidores de AC-AC.

Los convertidores de voltaje AC-AC se encargan de recibir la energía de una fuente de corriente alterna y transformarla en frecuencia y/o amplitud para aplicaciones específicas. Pueden ser de una fase (monofásico) o de tres fases (trifásico).

Se puede decir que dentro de los convertidores AC-AC hay dos variantes: los directos y los indirectos. Los directos que se encargan de transformar la frecuencia de la fuente directamente; se subdividen a su vez en ciclo convertidores y convertidores de matriz.

Los indirectos por otra parte, primero cumplen la función de rectificar el voltaje AC, es decir, pasarlo DC y luego construyen un voltaje AC con una frecuencia y amplitud diferente de la original. La frecuencia y la amplitud del voltaje obtenido dependen del método de excitación del sistema de control.

El generador ultrasónico que se presenta en este trabajo está compuesto por un inversor indirecto. Esto quiere decir que se manejarán dos etapas: una de rectificación y la otra de inversión (ver Figura 2). En la primera etapa se tomará el voltaje de la red de 120 Vac 60 Hz para rectificarlo y generar un voltaje DC de aproximadamente 170 V. En la segunda etapa se hará la inversión para obtener una señal alterna de 20 kHz.

(Hugo Alejandro Macías, 2012)

2.10.1.-Etapas de rectificación

Esta etapa inicia con un arreglo de cuatro diodos (puente rectificador) encargados de invertir el semi-ciclo negativo de la señal de corriente alterna obteniéndose una señal del doble de frecuencia de la señal de la fuente. (Hugo Alejandro Macías, 2012)

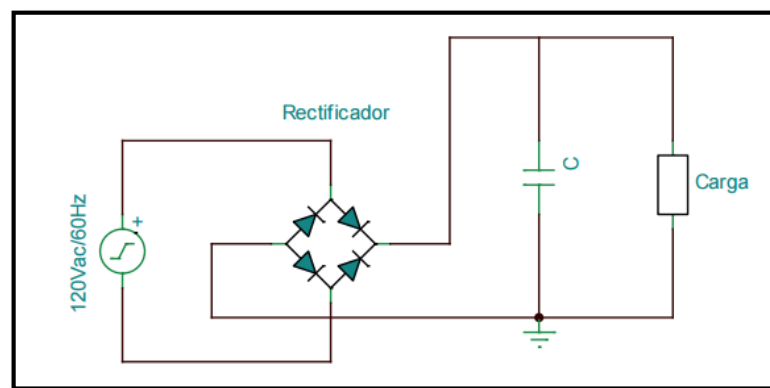


Figura 12. Diagrama de etapa de rectificación.

(Hugo Alejandro Macías, 2012)

2.10.2.-Etapas del inversor

Los inversores tienen múltiples aplicaciones que van desde el control de velocidad de motores de inducción hasta sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS por sus siglas en inglés). De acuerdo con las características de la salida, los inversores se pueden clasificar en:

- Medio puente
- Puente completo monofásico
- Puente completo trifásico

2.10.2.1.-Inversor con topología de medio puente (Hall bridge)

El principio de los inversores monofásicos se puede explicar con la figura a. El circuito del inversor consiste en dos pulsadores. Cuando solo se enciende el transistor Q1, durante el tiempo $T_0/2$, el voltaje instantáneo V_0 , a través de la carga es $V_s/2$. Si el transistor Q2 se enciende durante un tiempo $T_0/2$, aparece $-V_s/2$ a través de la carga. El circuito lógico se debe diseñar de tal modo que si Q1 y Q2 no estén activos al mismo tiempo. La figura b muestra la forma de onda del voltaje de salida y las corrientes en el transistor, con una carga resistiva. Este inversor requiere una fuente de CD de 3 hilos, y cuando un transistor este apagado, su voltaje inverso es V_s en lugar de $V_s/2$ a este tipo de inversor se le llama inversor de medio puente.

(Pablo & Jorge, 2010)

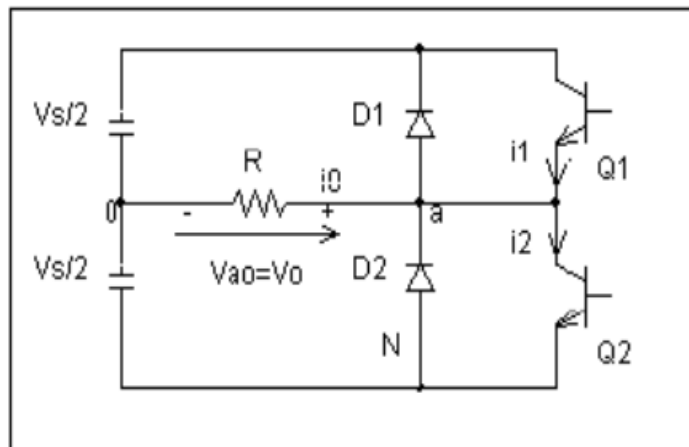


Figura 13. Circuito inversor de medio puente.

(Pablo & Jorge, 2010)

3.- MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación tiene como objetivo principal la limpieza de utensilio hospitalario por medio del ultrasonido, emitido por un medio liquido provocando la cavitación. En este capítulo se expone la metodología usada para llevar a fin todos los objetivos planteados en este proyecto.

3.1- Diseño y construcción del prototipo.

A continuación se detalla la implementación documentada que se llevó a cabo para el desarrollo del prototipo.

3.2- Diagrama de bloques del sistema de lavado por ultrasonido.

Para comenzar a describir el prototipo se elaboró un diagrama de bloques que muestra el funcionamiento interno del sistema, en el cual se puede observar la relación de todo el proceso con sus entradas y salidas. Estas etapas serán detalladas más adelante.

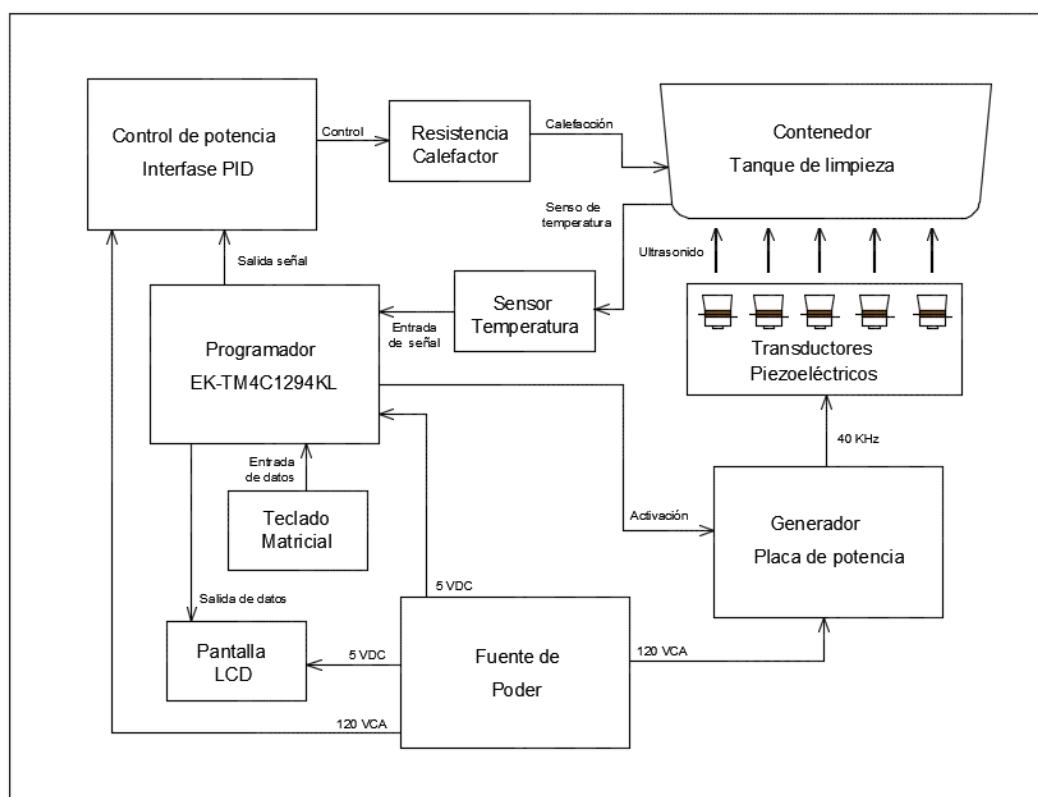


Figura 14. Diagrama de bloques del sistema de lavado por ultrasonido.

Los autores (2016).

3.3- Representación y ubicación de elementos.

EL siguiente diseño en 2D realizado en el programa de AutoCAD, tiene el objetivo de visualizar todo el prototipo, en él se puede observar las medidas de la carcasa, la ubicación del contenedor, la posición de los transductores que son los que producen el ultrasonido y deben estar sujetos por debajo del contenedor, como también la resistencia y el sensor de temperatura adheridos a un lado de la pared del contenedor.

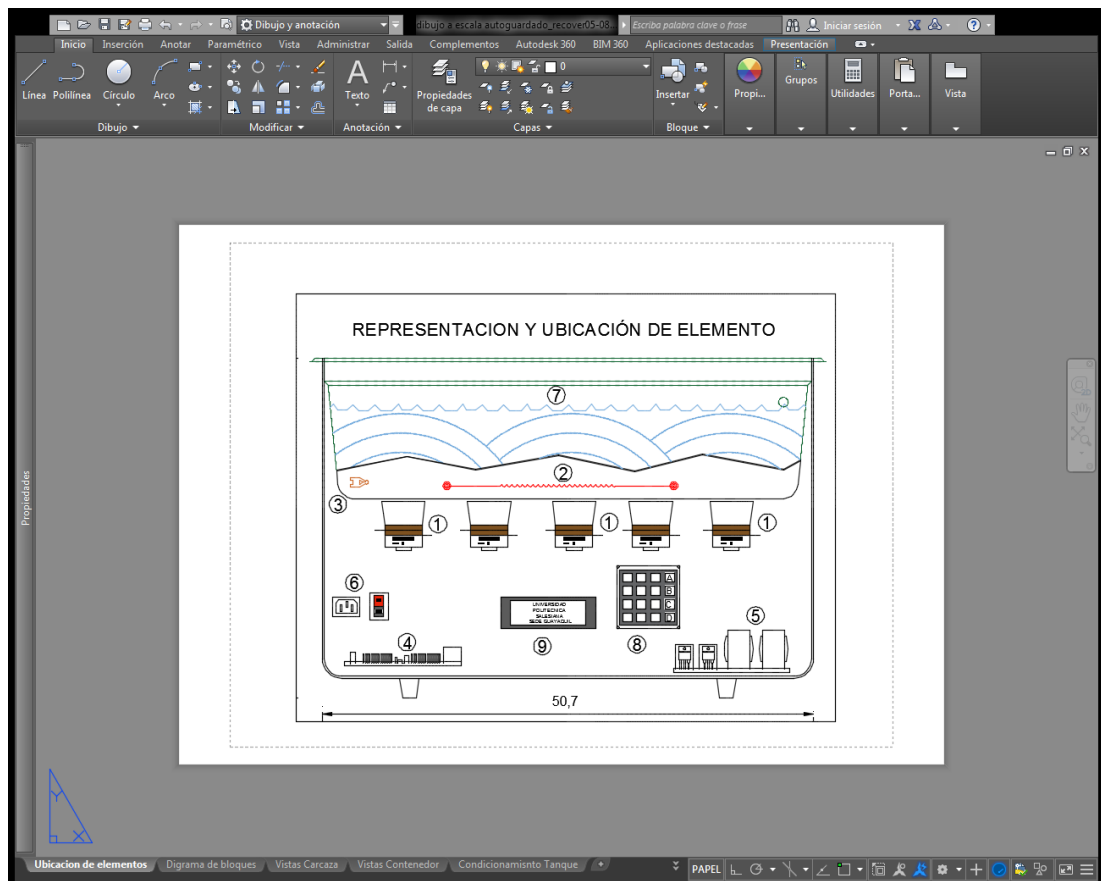


Figura 15. Representación AutoCAD.

Los autores. (2016).

Este diseño en AutoCAD se ha hecho un corte de tal manera, que muestre el montaje de todos los elementos dentro de la carcasa del prototipo, en la parte inferior se sujetan las placas electrónicas, como se muestra en la siguiente figura.

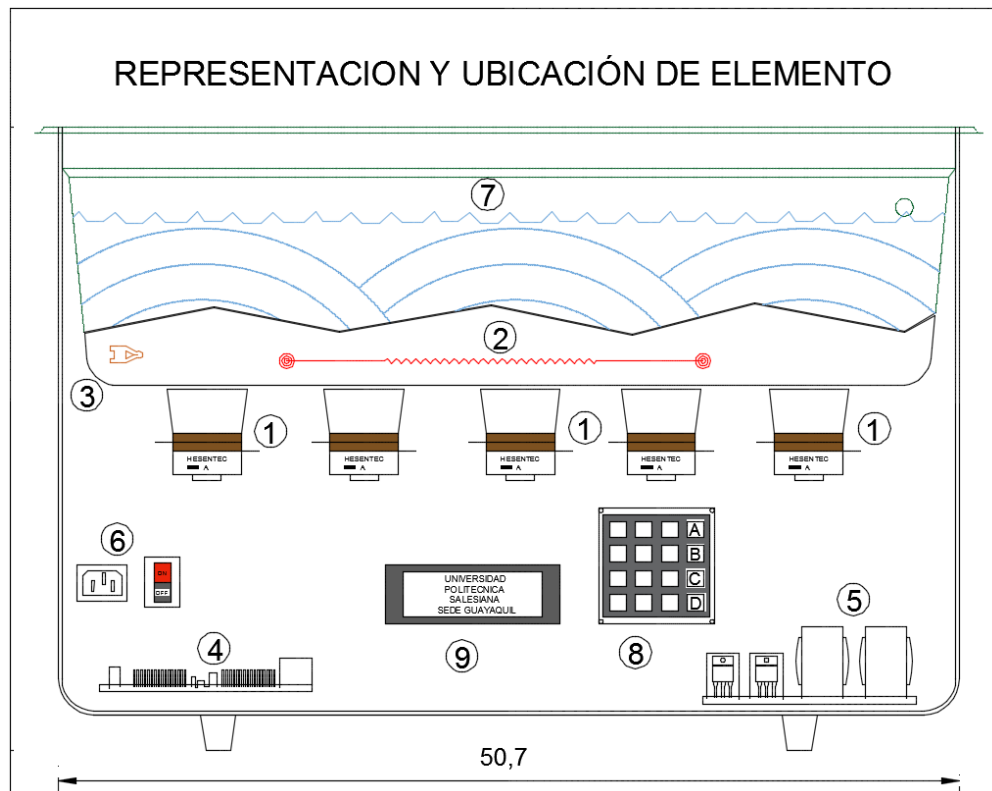


Figura 16. Representación y ubicación de elementos en el prototipo.

Los autores (2016).

Partes importantes del prototipo:

- 1.-Transductores ultrasónicos (Piezoeléctricos).
- 2.-Resistencia eléctrica.
- 3.-Sensor de temperatura.
- 4.-Programador EK-TM4C1294XL.
- 5.-Tarjeta generadora de frecuencia
- 6.-Fuente de alimentación.
- 7.-Contenedor para el líquido (tanque).
- 8.-Teclado.
- 9.-Pantalla LCD SCREE.

3.4- Diseño y construcción de estructura metálica.

Como diseño de estructura se tiene la carcasa y contenedor que se describe a continuación.

3.4.1- Diseño y construcción de carcaza.

La carcasa está construida de acero inoxidable de 2.5mm de espesor por tratarse de un equipo de lavado hospitalario y mantener los estándares de calidad con respecto a higiene, esta carcasa sirve de protección de los componentes que se integran dentro de la misma y para soportar el recipiente donde se introducirá agua a cierto nivel hasta el nivel adecuado que permita sumergir los instrumentos quirúrgicos y tendrán un peso considerable. Las medidas de la carcasa son 50 centímetros de ancho, 40 centímetros de alto y 35 centímetros de largo. En la construcción de la carcasa se tuvo en consideración los refuerzos adecuados para el apoyo, que el contenedor tendrá que soportar además de su propio peso adicionar el de los equipos que serán lavados.

A continuación se muestra una gráfica donde se detalla las vistas de la carcasa diseñada en AutoCAD 2015.

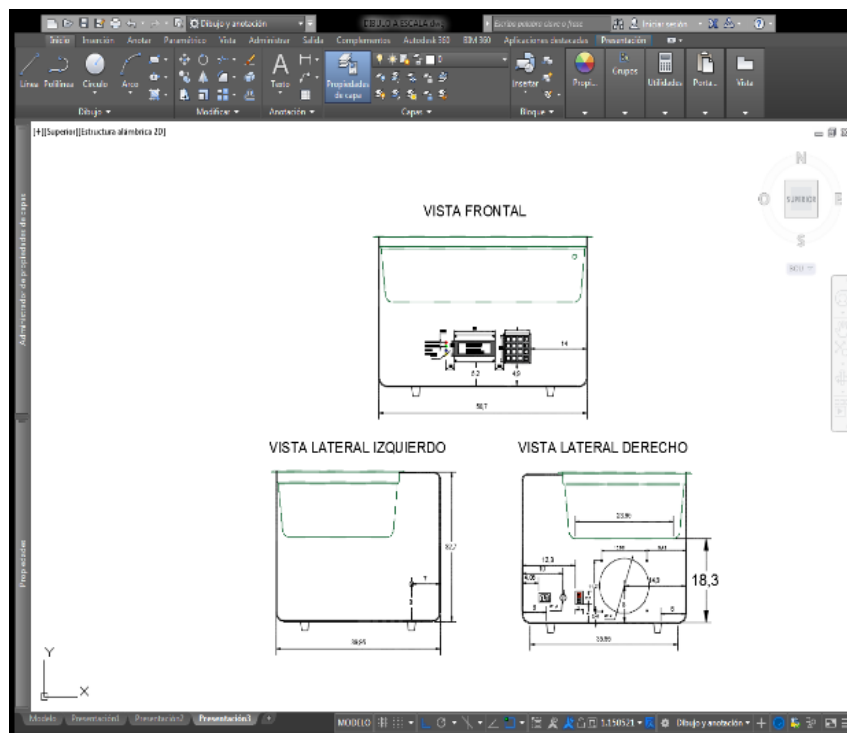
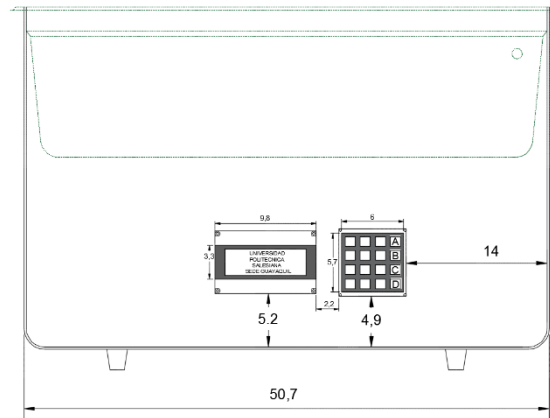


Figura 17.Diseño en AutoCAD, vista.

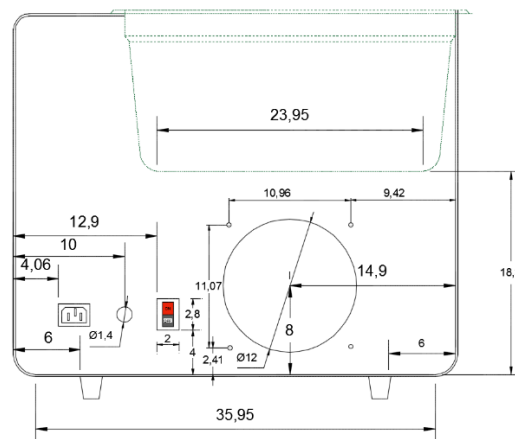
Los autores (2016).

A continuación se detalla las partes y dimensiones del prototipo.

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHO



VISTA LATERAL IZQUIERDO

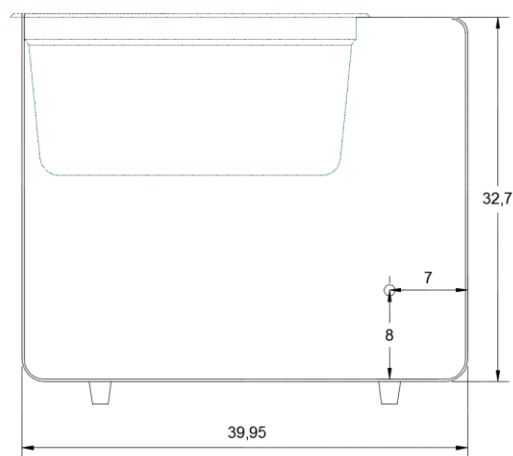


Figura 18. Vistas de la carcasa en AutoCAD.

Los autores (2016).

3.4.2 Elección del contenedor (tanque de limpieza).

Para el dimensionamiento del contenedor se consideró la carga, es decir la cantidad de instrumentos sumergidos en agua dentro del contenedor son 24 piezas que pudieran ser los más comunes como son las pinzas, tijeras, porta agujas, separadores, curetas, sondas, etc., también como se estableció en las limitaciones del anteproyecto la capacidad del contenedor es para 12 litros.

El contenedor debe soportar el peso del agua, los instrumentos sumergidos a limpiar, los transductores piezoeléctricos montados por la parte inferior y los efectos vibratorios que la energía ultrasónica pueda generar en ella.

Teniendo en cuenta lo anterior, se buscó contenedores que se comercializan en el mercado que puedan utilizarse en esta aplicación, como son las bateas construidas en acero inoxidable AISI 316L con espesor de 0.7 a 0.8 milímetros ya que este tipo de material es resistente al calor y tiene propiedades de asepsia.

Las medidas del contenedor son: 50cm de ancho x 32 cm de largo x 18 cm de profundidad.

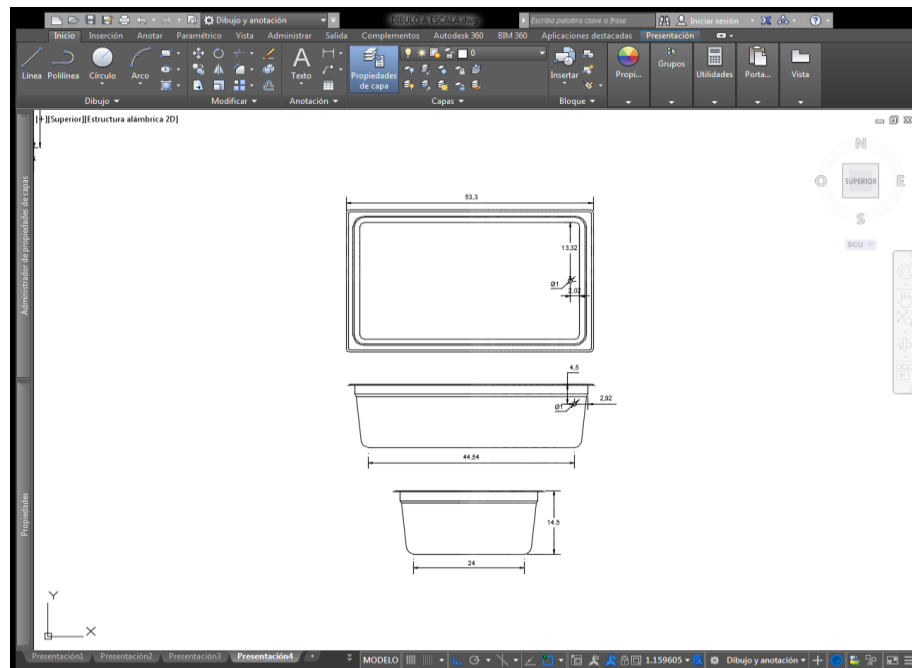


Figura 19. Vistas del contenedor en AutoCAD.

Los autores (2016).

Aquí se detalla las dimensiones del contenedor

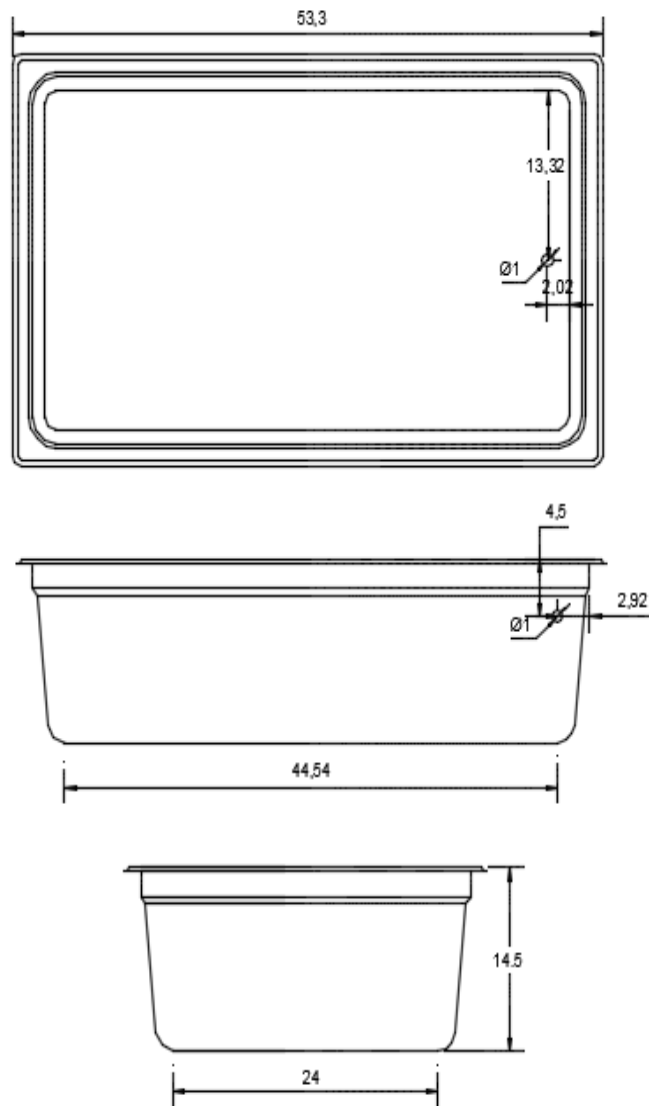


Figura 20. Vistas del contenedor en AutoCAD

Los autores (2016).

3.4.2.1 Condicionamiento y requerimientos del contenedor (tanque de limpieza).

La carga a introducir en el tanque debe estar a un centímetro del fondo y a dos cm debajo del nivel de agua para estar en la zona efectiva de limpieza ultrasónica, para esto se debe implementar una canastilla que servirá también para organizar la distribución de las piezas, poder introducir y extraer de una manera adecuada, como se muestra en la siguiente figura.

Descripción del tanque con el nivel de líquido a trabajar.

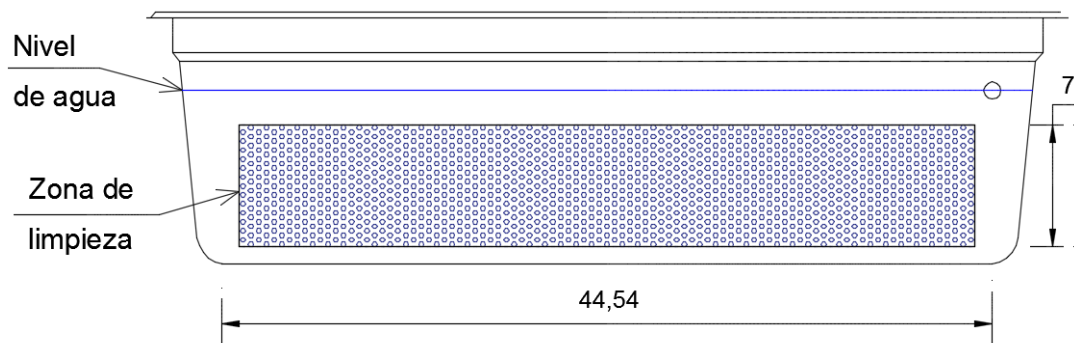


Figura 21. Zona de trabajo.

Los autores (2016).

El contenedor se procedió a perforar dos agujeros, uno en la parte baja para drenaje cuando se requiera expulsar el agua, el otro agujero se lo hizo a un costado del contenedor por seguridad para evitar el sobre nivel, como se muestra en la siguiente imagen.

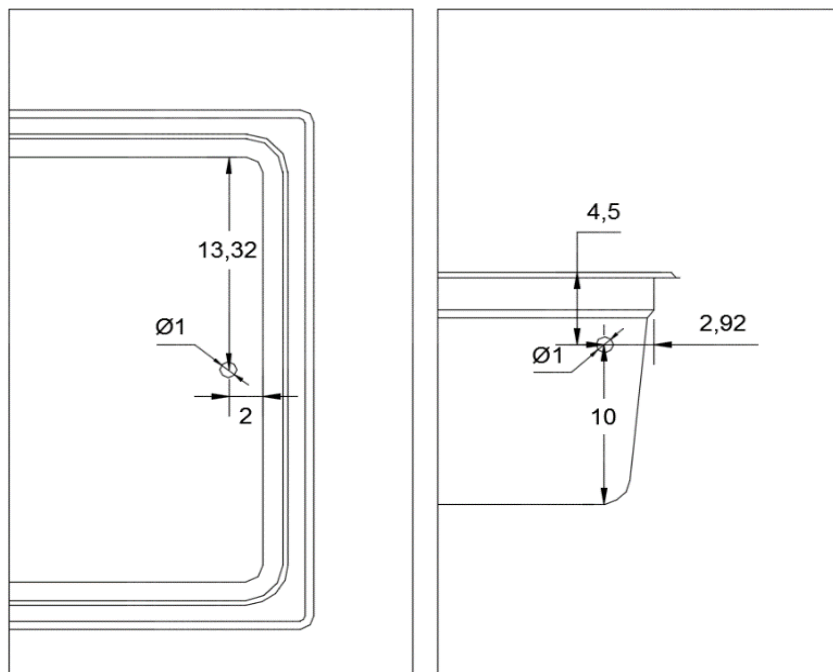


Figura 22. Perforaciones para drenaje.

Los autores (2016).

3.5- Cálculo de la potencia del lavado por medio ultrasonido.

Para el cálculo de la potencia del ultrasonido hubo inconvenientes, existe carencia bibliográfica tanto impresa como en la web, debido a que estos cálculos son de propiedad registrada de los fabricantes de lavadoras ultrasónicas que existen.

La comprensión de la energía ultrasónica y su relación con el proceso de la cavitación que hace la limpieza, conlleva a determinar una forma de calcular la potencia en términos de vatios por galón de líquido en el tanque de limpieza por ultrasonidos.

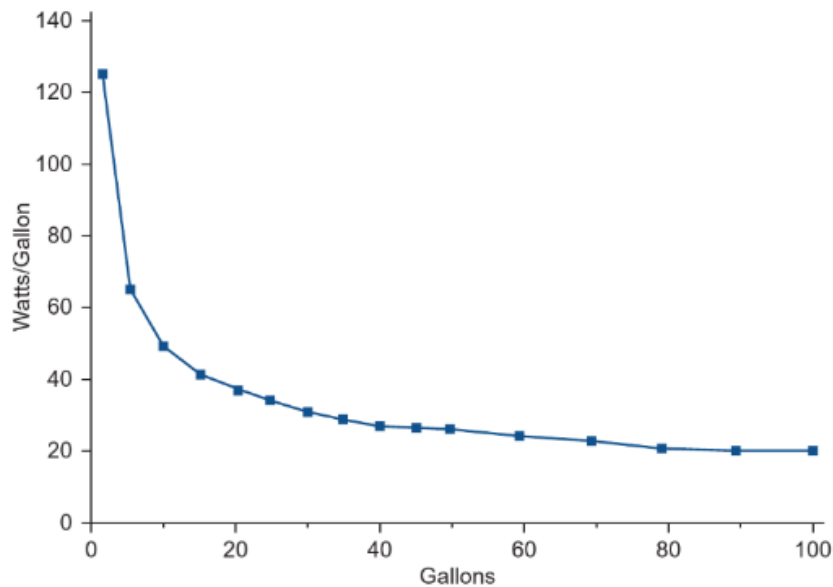


Figura 23. Relación entre el tamaño del tanque y requerimiento de potencia equivalente a efectos de limpieza ultrasónica.

(Juan A Gallegos-Juerez, karl F Graff, 2014)

Para iniciar con el cálculo de la potencia de transducción, tendremos en cuenta las referencias de los fabricantes como TM Associates que sugieren como medida referencial de 70W a 100W por galón de agua.

La siguiente fórmula es bastante utilizada en las especificaciones técnicas que recomiendan los fabricantes de lavadoras de ultrasonido.

(TM Associates., 2008)

$$\text{Promedio - Vatios de potencia} = \frac{L * W * (H-2)}{85} * 100$$

Donde:

L= largo en pulgadas

W=ancho en pulgadas

H=alto en pulgadas

Datos del recipiente:

Largo: 26.5 cm

Ancho: 47.5 cm

Alto: 9.6 cm

Transformados a pulgadas:

Largo: 10.43 pulg

Ancho: 18.7 pulg

Alto: 3.77 pulg.

Reemplazando valores:

$$\frac{10.43 * 18.7 * (3.77-2)}{85} * 100 = 406.14 \text{ Vatios}$$

De los cálculos obtenidos se tiene que la potencia total requerida será de 406.14 vatios, eso nos lleva a la selección y cantidad de transductores piezoeléctricos requeridos para el proyecto.

3.5.1- Selección de transductores piezoeléctricos.

Obteniendo como resultado la potencia total requerida el siguiente paso es la selección de los transductores.

Para generar el efecto de ultrasonido es básico tomar en cuenta las características del transductor, estos son una parte importante de este proyecto y podemos decir de todos los sistemas de lavado por ultrasonido.

El transductor es el encargado de inducir la energía necesaria para producir la cavitación acústica (los parámetros más importantes siendo), la frecuencia de operación y la potencia de irradiación. El transductor elegido es el BJC-4050T-45HS (PZT-4) que lo distribuye Beijing Ultrasónico con características mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 1 Características de transductor.

ESPECIFICACIÓN TRANSDUCTOR PIEZOELÉCTRICO 40kHz - 50W (PZT-4)	
Tipo	BJC-4050T-45HS (PZT-4)
Frecuencia	40KHZ \pm 1KHz
Poder	50W
Capacidad	4100pf (pzt4)
Superficie radiante	45mm
Resistencia de resonancia	10-20 Ω
Tamaño piezoceramicos	35x15x5
Longitud	54mm
Fuente de Alimentación	Entrada: 100V ~ 130V o 220V ~ 240V AC
Peso	300g / pcs

Como principales características según el fabricante son la alta eficiencia: alta parámetro Q mecánica, la transducción eficaz entre la electricidad y el sonido por encima del 95%. De alta amplitud, la fuerza del transductor se mejora mediante la fijación del vibrador de alta velocidad directamente en la base de lavado ranura con el perno. Al comparar con una vibradora expansión magnética, su amplitud se puede mejorar por encima de 50%.

Buena resistencia al calor: una amplia gama de temperatura de trabajo, la impedancia de resonancia de baja productividad y de calor.

Buena construcción: sujetado por el perno, fácil de montar y de alta fiabilidad. (Beijing Ultrasonic , 2016)



Figura 24. Transductores Piezoeléctricos.

Los autores (2016)

3.6.- Diseño y construcción electrónica.

En este capítulo se llegó a cabo el diseño y la construcción de las placas electrónicas del sistema de lavado por ultrasonido

3.6.1.- Diseño y construcción de generador placa de potencia.

Luego de investigar varios circuitos utilizados para crear equipos de limpieza con transductores de ultrasonido, se encontraron varios diseños que fueron base inicial para el análisis del diseño implementado en este prototipo, de los cuales se consideran dos.

Eligiendo como base el diseño la figura 25 que se muestra a continuación.

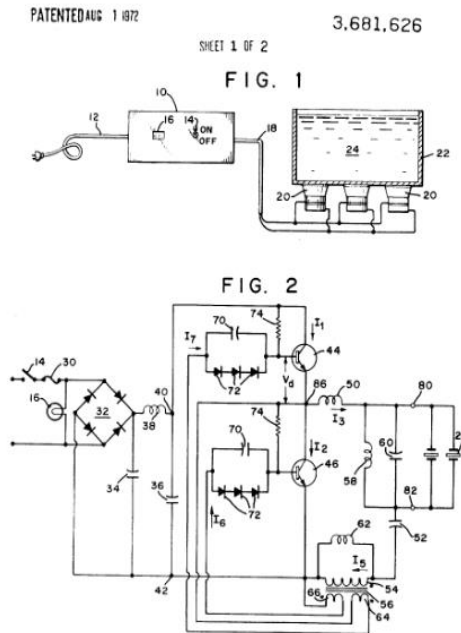


Figura 25. Circuito electrónico A
(Puskas, 1972)

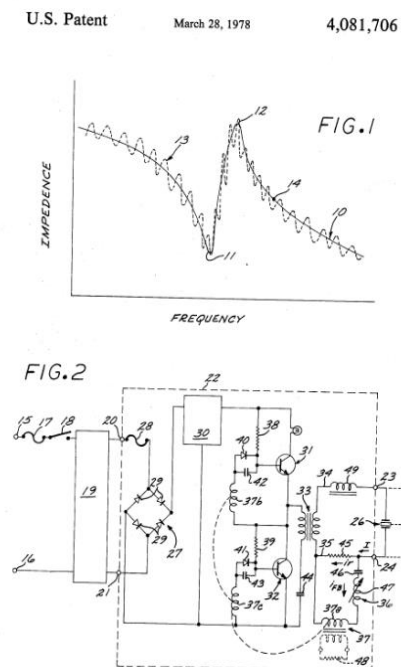


Figura 26. Circuito electrónico B.
(Edelson, 1978)

El siguiente paso fue diseñar un circuito en el programa Proteos, para luego analizar el funcionamiento del mismo. En el diseño del circuito que genera 40Khz se optó por la topología de medio puente (Half Bridge), que consiste en conmutar dos transistores NPN para excitar a un transformador de alta frecuencia, su alimentación es de 120 VCA que pasan por un rectificador puente diodo.

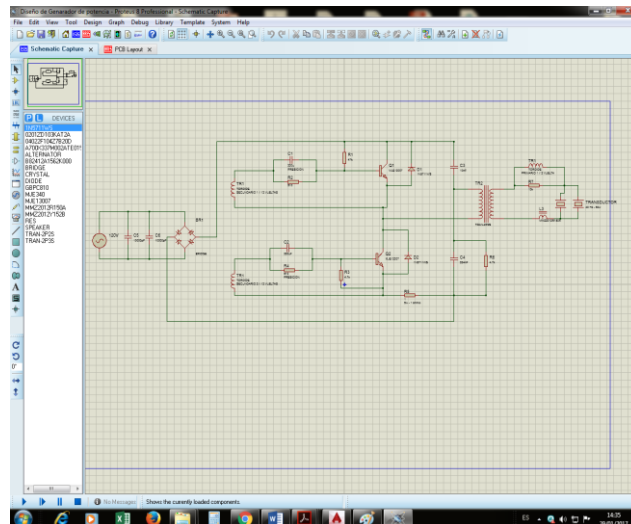


Figura 27. Diseño en Proteus 8 Professional.

Los autores (2017)

Imagen de vista de elementos utilizado en la placa generadora de potencia.

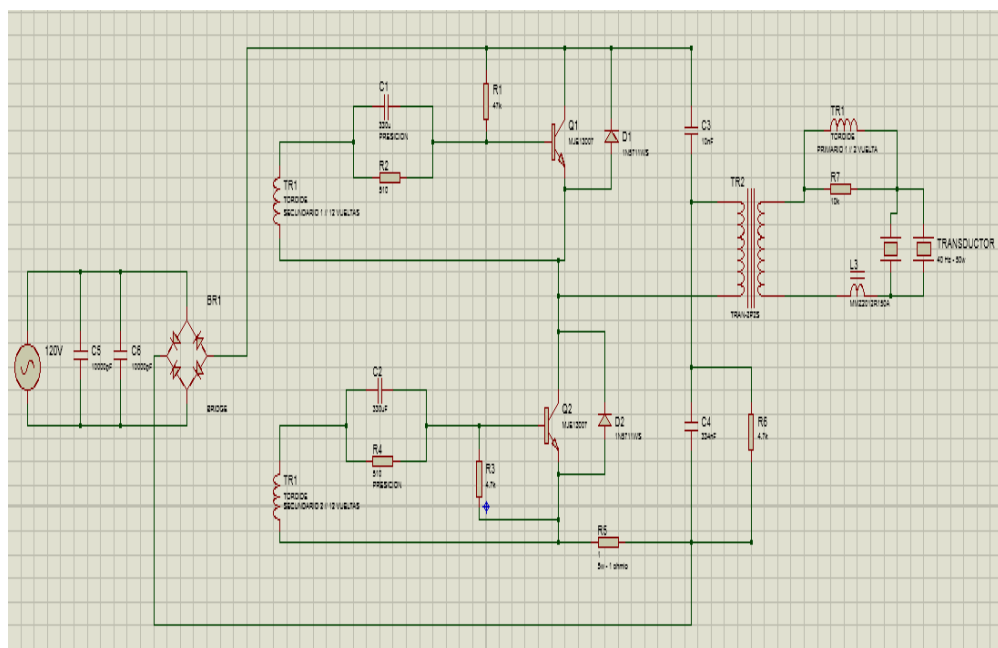


Figura 28. Circuito generador placa de potencia.

Los autores (2017)

La figura anterior muestra el esquema completo del circuito electrónico, tiene como alimentación de entrada 120 VCA, pasa por un rectificador de onda completa que comprende los cuatro diodos 1N4007, de tal manera que en estos extremos la alimentación es de 170VCC que conecta el polo positivo al colector de Q1 y el polo negativo al emisor de Q2, también a los condensadores en serie C1 y C2 que dividen el voltaje en una toma media y a este se conecta terminal 1 del transformador T1, los terminales del emisor de Q1 y el colector de Q2 se juntan y conectan al terminal 2 de T1, los diodos D1 y D2 se conectan de emisor a colector de los transistores de tal manera que forma la conexión de topología de medio puente (Half Bridge), la base de los transistores Q1 y Q2 conectan a un extremo de los secundarios de T2 por medio de C1-R2, C2-R4 respectivamente para conmutar los transistores en contrafase retroalimentación por el primario de T2, las resistencias R1 y R3 están de polarización de las bases de Q1 y Q2. El secundario de T1 amplifica la señal en los terminales 3 y 4 para conectar el circuito en serie con el primario.

Las oscilaciones del transductor son recogidos por la bobina del primario TR1 entregando a las bobinas del secundario para las bases de Q1, la retroalimentación hace que en un tiempo Q1 este encendido y Q apagado y viceversa

3.6.2.- Consideraciones del diseño.

A continuación se detalla los cálculos sobre el diseño del circuito electrónico considerando los transductores de 50w a una frecuencia de resonancia a 40Khz para llevar a cabo la acción de cavitación.

Donde:

V_{in} = voltaje de entrada.

V_{out} = voltaje de salida.

I_{out} = Corriente salida.

f_1 = frecuencia de entrada.

f_{osc} = Frecuencia de oscilación.

P_o = Potencia salida.

n = Eficiencia convertidor.

D_{max} = Razón de servicio máximo.

Datos:

$$V_{in} = 120 \text{ VCA}$$

$$V_{out} = 650 \text{ VCA}$$

$$I_{out} = 1.5 \text{ A.}$$

$$f_1 = 60 \text{ Hz}$$

$$f_{osc} = 40 \text{ KHz.}$$

$$P_o = 50 \text{ W.}$$

$$\eta = 0.8 \text{ (80\%)} ; \text{ eficiencia de inversor}$$

$$D_{max} = 0.48 ; \text{ ciclo de trabajo (duty cycle)}$$

Paso 1: En este paso se obtiene los valores de corrientes, voltaje mínimo y voltaje máximo.

$$V_{min} = \text{Voltaje de fuente} - 10$$

$$V_{max} = \text{Voltaje de fuente} + 10$$

Donde:

$$V_{min} = 110 \text{ VCA}$$

$$V_{max} = 130 \text{ VCA}$$

$$V_{min \text{ rms}} = \sqrt{2} V_{ac-min} \quad V_{min \text{ rms}} = \sqrt{2} * 110 \quad V_{min \text{ rms}} = 155.56 \text{ VDC}$$

$$V_{max \text{ rms}} = \sqrt{2} V_{AC \text{ max}} \quad V_{max \text{ rms}} = \sqrt{2} * 130 \quad V_{max \text{ rms}} = 183.8 \text{ VDC}$$

$$I_{avr} = \frac{V_{out}}{\eta * V_{min \text{ rms}}} \quad I_{avr} = \frac{650}{0.8 * 155.56} \quad I_{avr} = 0.5 \text{ A} ; \text{ corriente promedio}$$

$$I_{pk} = \frac{I_{out} * I_{avr}}{D_{max}} \quad I_{pk} = \frac{1.5 * 0.5}{0.26} \quad I_{pk} = 2.88 \text{ A} ; \text{ corriente pico}$$

$$I_{rms} = \sqrt{D_{max} \left(\frac{(2.8)^2}{3} - 2.8 + 1 \right)} \quad I_{rms} = 2.88 \sqrt{0.48 \left(\frac{(2.8)^2}{3} - 2.8 + 1 \right)}$$

$$I_{rms} = 1.32 \quad ; \text{ corriente eficaz}$$

Paso 2: Determinación de la inductancia requerida

$$L_P = \frac{V_{min \text{ rms}} * D_{max}}{I_{rms} * f_{osc}} \quad L_P = \frac{155.56 * 0.26}{1.32 * 40000} \quad L_P = 766 \text{ } \mu\text{H} \quad ; \text{ inductancia primario}$$

$$N_p = \frac{L_p * I_{rms}}{0.18 \text{ cm}^2 * 2200 G} \quad N_p = \frac{766 * 1.32}{0.18 \text{ cm}^2 * 2200 G} \quad N_p = 14.18 \text{ vueltas; } \# \text{ espiras primario}$$

$$N_s (+650) = \frac{V_{out} + 0.9 * N_p}{0.26 * V_{min \text{ rms}}} \quad N_s (+650) = \frac{650 + 0.9 * 14.18}{0.26 * 155.56}$$

$$N_s (+650) = 16.38 \text{ vueltas} \quad ; \# \text{ espiras secundario}$$

$$L_g = \frac{0.4 * \pi * 766 * 10^{-6} * 2.88^2 * 10^8}{0.18 * 2200^2} \quad L_g = 0.916 \quad ; \text{ longitud entrehierro}$$

Paso 3: Determinación de las corrientes de salida

$$I_{rms2} = 2.3 \sqrt{(1 - 0.26) \left(\frac{(2.8)^2}{3} - 2.8 + 1 \right)} \quad I_{rms2} = 2.3 \sqrt{(0.74)(0.81)}$$

$$I_{rms2} = 2.3 \sqrt{0.599} \quad I_{rms2} = 1.78 \text{ A}$$

$$I_{ripple} = \sqrt{(I_{rms2})^2 - (I_{out})^2} \quad I_{ripple} = \sqrt{(1.78)^2 - (1.5)^2}$$

$$I_{ripple} = 0.99 \text{ A} \quad ; \text{ corriente directa en el secundario}$$

3.6.4.- Diseño y construcción de baquelita PCB.

Una vez terminado el diseño de las placas se las fabricaron de material fibra de vidrio, esta se encargará de sostener de forma mecánica y de conectar eléctricamente los componentes electrónicos.

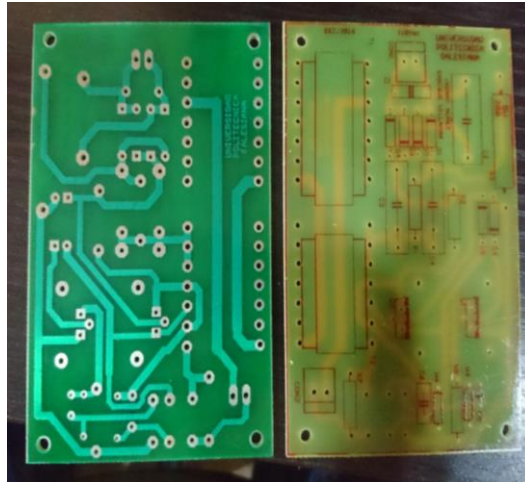


Figura 30. Fabricación de PCB.

Los autores (2017)

En la siguiente figura muestra el montaje de los componentes electrónicos, para esto se debe tener cuidado cuando se sueldan los elementos con las pistas, mismas que pueden alzarse si mantiene mucho tiempo el cautín para derretir el estaño, este trabajo parecería fácil, pero se debe tener técnica al momento de soldar y tener un buen punto de soldadura.



Figura 31. Montaje elementos electrónicos.

Los autores (2017)

En las siguientes fotos, se muestra como quedo el PCB terminado con todos los elementos ensamblados.

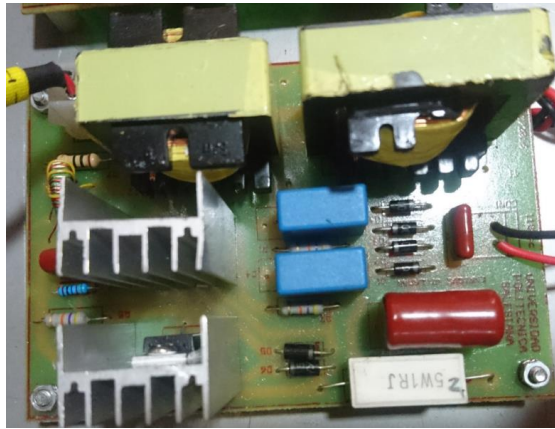


Figura 32. PCB ensamblados.

Los autores (2017)

3.7.-Descripción del PID.

En la actualidad, la tecnología está en constante avance y el campo del control automático no es la excepción, ya que hoy en día se requieren sistemas inteligentes para controlar múltiples procesos, por la cual se desarrolló un controlador PID aplicado a la estabilidad de temperatura de un líquido.

Se realizó una búsqueda bibliográfica en libros, revistas y artículos de divulgación científica, tanto física como digital para obtener el conocimiento acerca de estos sistemas, de esta manera se establecen los fundamentos teóricos de control.

Para esto se requirió primero la construcción de la planta para obtener la gráfica de curva de repuesta por medio del método de Ziegler Nichols. En el proceso de obtención de datos se pudo ver que el sistema obtenía un arranqué suave. Esto se debe a que las resistencias de silicona caloríficas no son de mucha potencia, lo que hace al sistema un arranque de sintonía suave. El sistema no permite situar más resistencia calorífica sea afuera o dentro del recipiente. Por lo que se optó en hacer el sistema proporcional. Posteriormente, se simuló en el software de Matlab R2015 los parámetros requerido para su correcto funcionamiento.

En la construcción de la planta se hizo una investigación de los elementos a ensamblar pero en nuestro caso lo primordial para el controlador PID:

Sensor.- Un sensor adecuado para la lectura de temperatura.

Resistencias.- Resistencias calorífica para elevar la temperatura del líquido.

Software.- Simulación del controlador PID.

Las partes que intervienen principalmente para el buen funcionamiento del PID son:

3.7.1.- Sensor de temperatura para el control del PID.

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios, es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.

(SOLÉ, Medición de caudal, 1997)

Tomando en cuenta que en el mercado hay una gran gama de sensores de temperatura, pero en el diseño del prototipo se eligió el sensor LM 35 de la marca National semiconductor con un adecuado diseño de conexión se puede tener lectura de -55 a 150 °C

Imagen del encapsulado LM35 y elementos para su funcionamiento en la lectura.

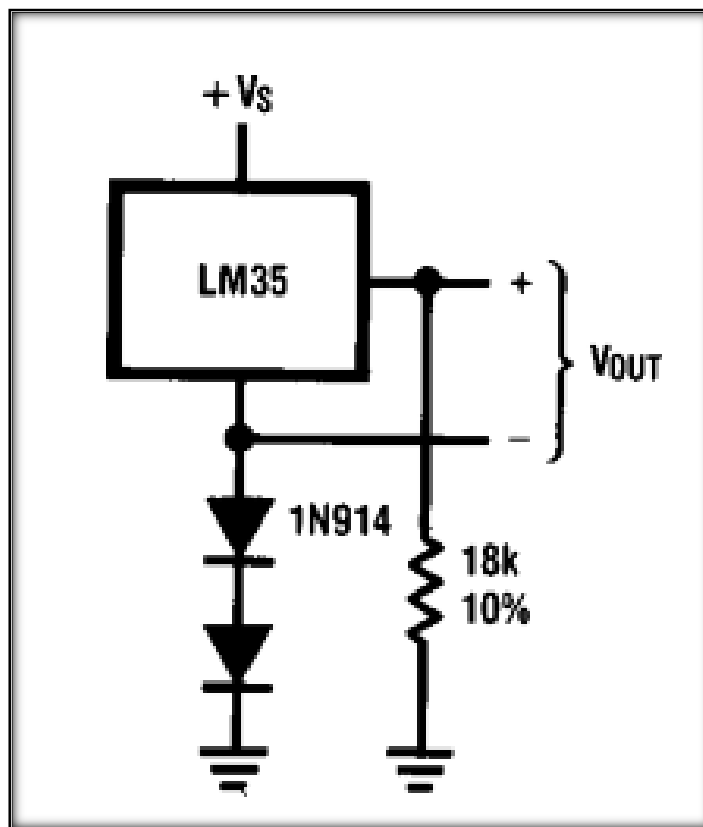


Figura 33. Diagrama de conexión del LM35

(National Semiconductor, 1994)

3.7.2.- Resistencia calorífica para elevar la temperatura.

Si metemos una cuchara fría en una taza con café caliente, la cuchara se calienta y el café se enfría para establecer el equilibrio térmico. La interacción que causa estos cambios de temperatura es básicamente una transferencia de energía de una sustancia a otra. La transferencia de energía que se da exclusivamente por una diferencia de temperatura se denomina flujo de calor o transferencia de calor, en tanto que la energía así transferida se llama calor. (YOUNG, HUGH D. y ROGER A. FREEDMAN, 2009)

La elección de la resistencia calorífica depende del uso y necesidad del prototipo, en este caso se necesitaba que sean finas y a su vez adherentes en la superficie y se eligió resistencia de silicona.

Datos de la temperatura a elevar.

Líquido a calentar: Agua

Calor específico: 1

Temperatura inicial: 25 grados centígrados

Temperatura final: 30 grados centígrados

Tiempo necesario: 5 Minutos = 0.08333 hora

Cantidad de Agua: 12 litros = 0.012 m³

Calor necesario:

$$Kw = \frac{V \cdot C \cdot (TF - TI)}{860} \Rightarrow \text{Formula de manual de elaboración de resistencias (Fabrestel)}$$

Donde:

Kw = kilo-Watt

V = Volume (m³)

C = Calor específico

TF = Temperatura final

TI = Temperatura inicial

$$Kw = \frac{0.012 \cdot 1 \cdot (30 - 25)}{860} \rightarrow Kw = \frac{0.06}{860} \rightarrow Kw = 6.97e^{-5} \text{ (Kw de energía)}$$

Tiempo en calentar

$$Kw/h = \frac{6.97e^{-5}}{0.08333} \rightarrow Kw/h = 8.372e^{-4} \rightarrow W/h = 837$$

Una vez realizado el cálculo para la transferencia de calor se colocaron ocho resistencias de silicona con característica de 120v-130w, 10x8 cm, marca Omega Lux, suficiente para elevar la temperatura a 30 grados.

3.7.3.- Software para simulación del PID.

Para la simulación se utilizó el Software Matlab R2015 que contiene un paquete importante llamado Ident, se ingresan y se realiza comparaciones como se muestra en la figura 34.

Los valores ingresados en la herramienta IDENT de Matlab fueron tomados de la planta en lazo abierto y registrados por el multímetro Fluke modelo 289, esta información se adjunta en el anexo B.

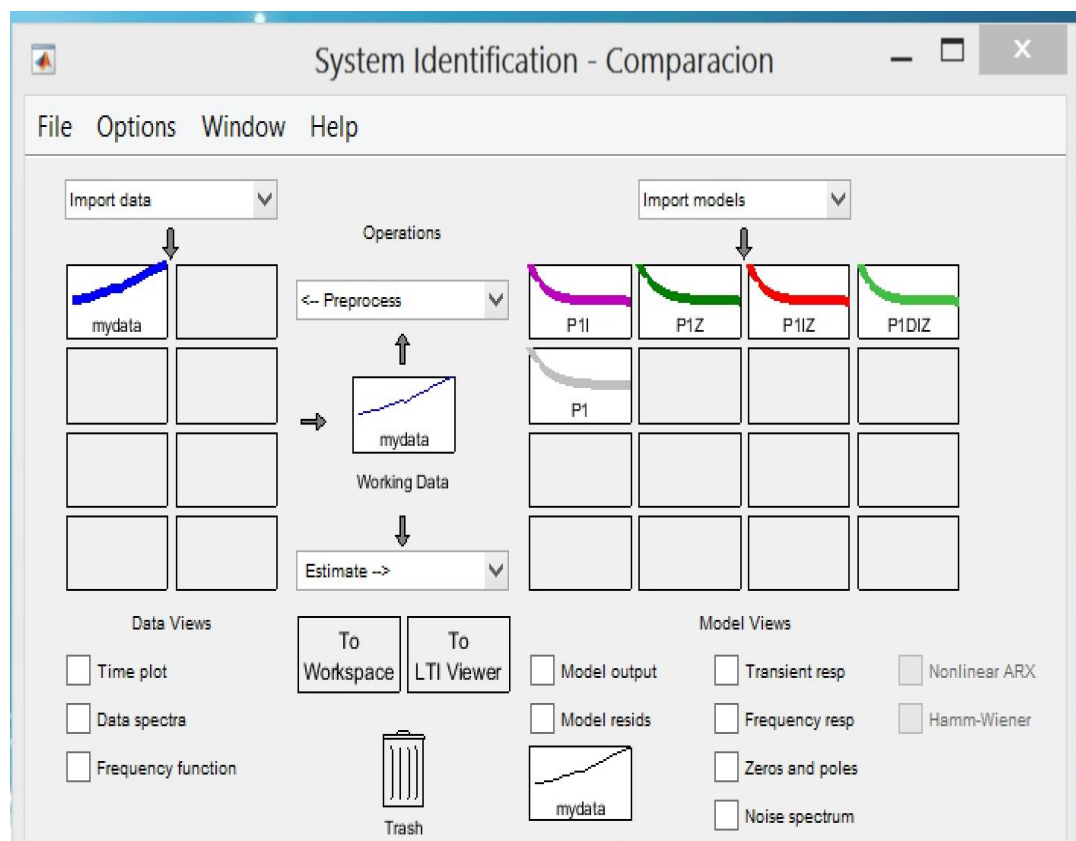


Figura 34. Estimación de la gráfica.

Los autores (2017)

Elección de la mejor grafica con mayor porcentaje de estimación. Como se puede observar en la figura 35.

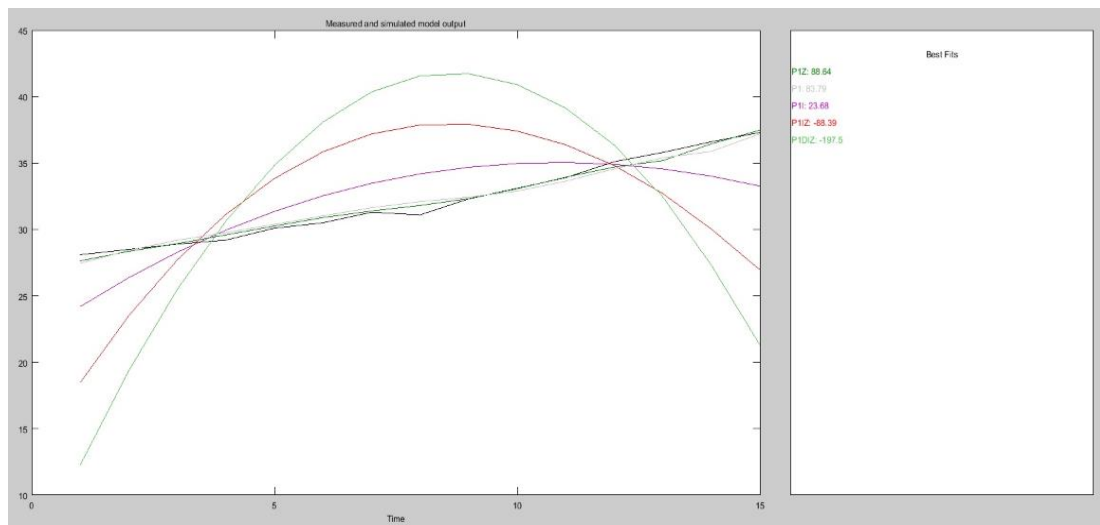


Figura 35. Comparaciones de gráficas.

Los autores (2017)

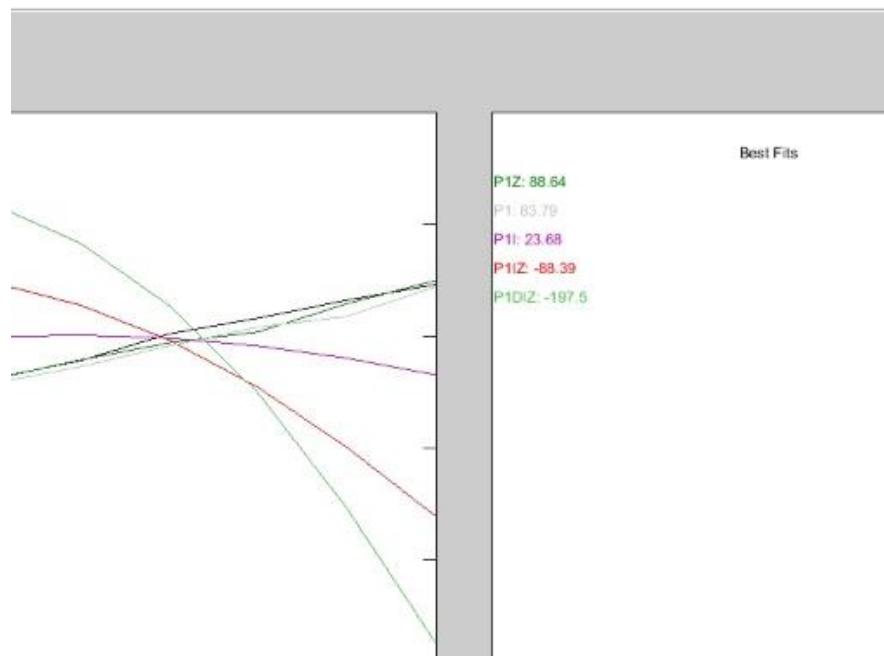


Figura 36. Porcentajes de comparaciones graficas

Los autores (2017)

Se escoge la gráfica con mayor porcentaje que es el 88.64.

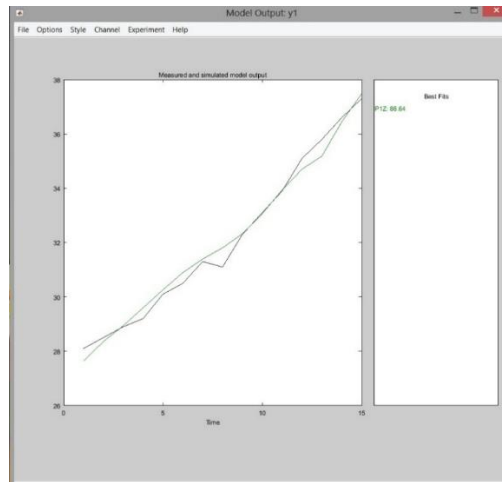


Figura 37. Grafica elegida

Los autores (2017)

Función de transferencia para la planta y su respectivo control.

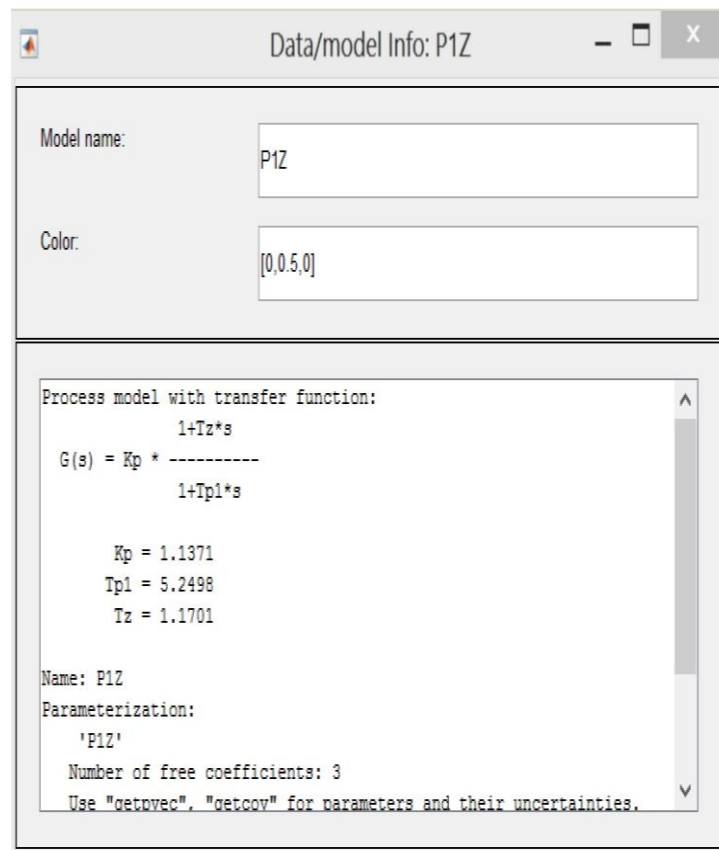


Figura 38. Valores para la función de transferencia.

Los autores (2017)

Diagrama de bloque para el control de la resistencia calorificas realizado en el software Matlab R2015 en el paquete de simulink.

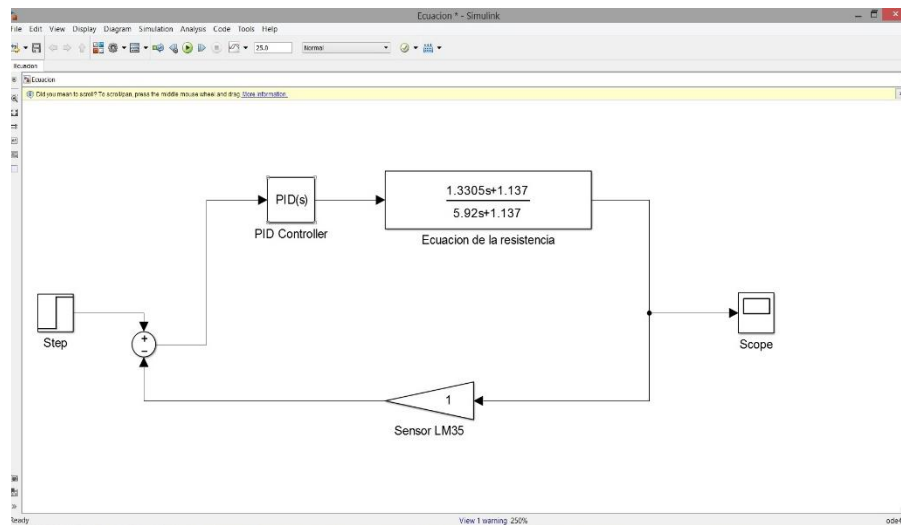


Figura 39 Diagrama de control de lazo cerrado.

Los autores (2017)

En la imagen se muestra los valores obtenidos del bloque PID mejorando la estabilidad por medio del TUNE.

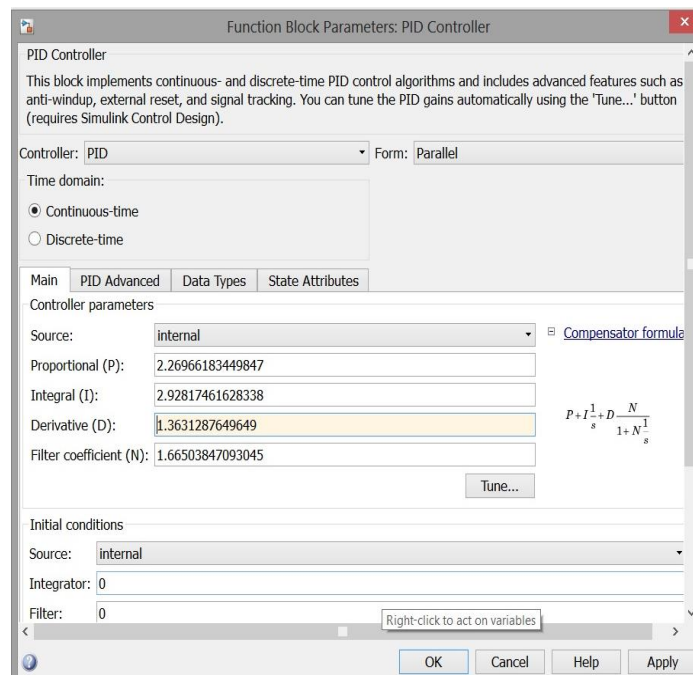


Figura 40 Valores que se ingresaron en la programación.

Los autores (2017)

Se puede observar la grafica resultante obtenida del PID.

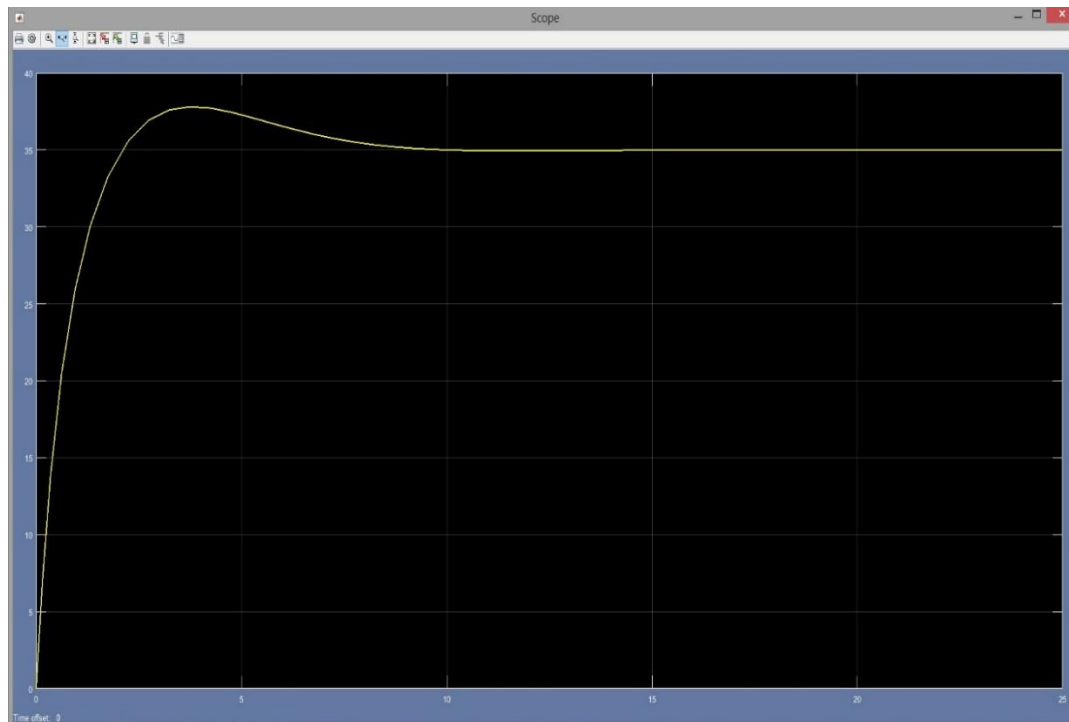


Figura 41 Respuesta de simulación del controlador.

Los autores (2017)

Nuestro controlador tiene un estado transitorio alrededor de ocho a nueve minutos hasta llegar al estado permanente, esto se debe a la dificultad de conseguir resistencias de silicón de mayor potencia que permita alcanzar la temperatura al tiempo menor a los nueve minutos.

3.7.4.- Parámetros PID por medio del Ziegler Nichols.

Con el objetivo de realizar la verificación de datos del controlador PID obteniendo por medio de la herramienta Auto-Tune de Simulink, se obtuvieron los mismo parámetros PID utilizándola herramienta del primer orden de Ziegler Nichols.

Para ejecutar este método se trabajó la planta en lazo abierto, guardando la adquisición de datos en el Fluke 289 y posteriormente se graficó en el software Graph en esta grafica se pudieron obtener los parámetros de tiempo de retardo (L) y constante de tiempo (T). Para el primer orden de

Ziegler Nichols y luego aplicando la tabla diferencial se obtuvieron los valores Kp, Ti y Td.

Se identifican en la gráfica tiempo de retardo (L), constante de tiempo (T), y por medio de la tabla se calcula los valores de Kp, Ti y Td.

Kp = Ganancia proporcional.

Ti = Tiempo integral.

Td = Tiempo derivativo.

Gráfica obtenida de los valores experimentales de la planta en lazo abierto.

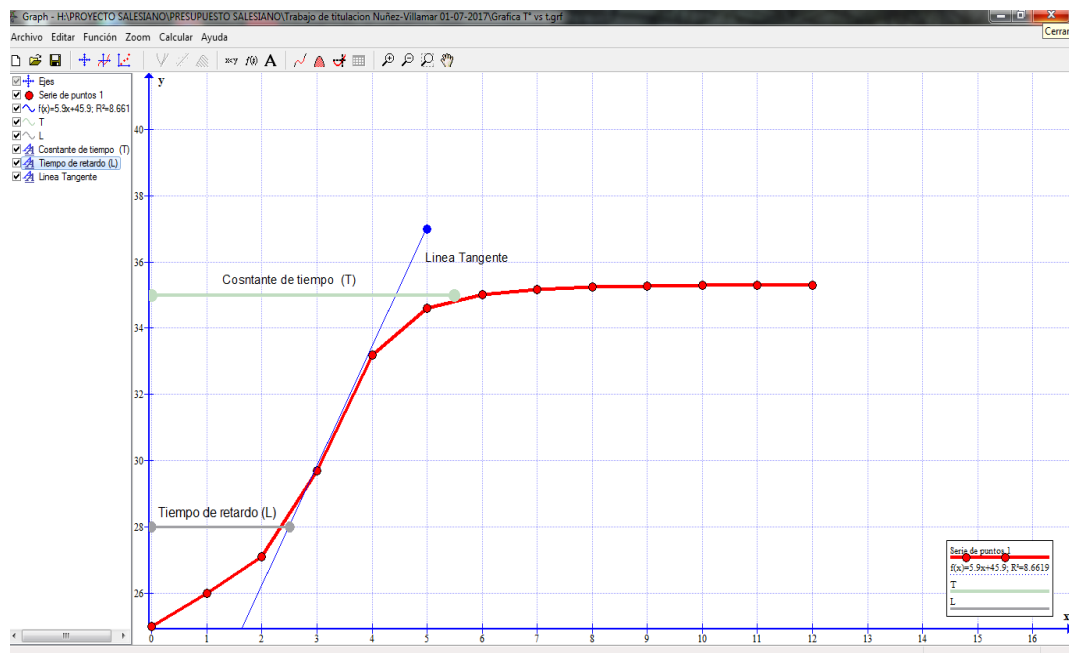


Figura 42 Gráfica del método de Ziegler Nichols.

Los autores (2017)

Reemplazando la tabla del primer método basada en la respuesta del escalón, los valores se obtienen de la siguiente manera:

$$K_p = 1.2 \frac{T}{L} \Rightarrow 1.2 \frac{5.5}{2.6} \Rightarrow K_p = 2.5$$

$$T_i = (2) (L) \Rightarrow (2) (2.6) \Rightarrow T_i = 5.2$$

$$T_d = (0.5) (L) \Rightarrow (0.5) (2.6) \Rightarrow T_d = 1.3$$

Una vez encontrado los valores de Kp, Ti y Td por medio de la siguiente ecuación se halla los valores Kp, Ki y Kd para el controlador.

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right) \Rightarrow K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

De donde podemos encontrar los valores de Ki y Kd, para expresar la función de PID.

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \Rightarrow K_i = \frac{2.5}{5.2} \Rightarrow K_i = 0.8$$

$$K_d = (K_p) (T_d) \Rightarrow K_d = (2.5) (1.3) \Rightarrow K_d = 2.4$$

Como resultado tenemos la comparación de estos dos métodos para sintonización de controladores PID, los valores son semejantes, estos fueron ingresados al controlador obteniendo mejores resultados los valores arrojados por la herramienta tune de Simulink.

Tabla 2 Estimación de parámetros de PID.

Estimación de métodos	Kp	ki	kd
Ziegler Nichols	2,5	0,8	2,4
Simulink-Tune	2,2	2,9	1,3

3.7.5.- Interface de conexión para el PID.

La interface se la utilizó para poder controlar la potencia (W) de la resistencia. El circuito está diseñado con los siguientes elementos.

Moc3021.- Los dispositivos MOC3041, MOC3042 y MOC3043 consisten en arseniuro de galio. Diodos emisores de infrarrojos acoplados ópticamente a un detector monolítico de silicio. Realizando la función de un conductor Triac bilateral de cruce de voltaje.

Están diseñados para su uso con un triac en la interfaz de sistemas lógicos para dispositivos alimentado por líneas de 115 Vac, como relés de estado

sólido, controles, motores, solenoides y aparatos de consumo, etc. Simplifican el control lógico de 115 Vac de potencia.

(SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA, 2017)

Triac bta16 600b.- La familia de triac BTA / BTB16 B son de alto rendimiento Vidrio pasivo PNP dispositivos. Estas piezas son aptas para uso general donde se requiere una alta capacidad de corriente de sobretensión. Aplicación como control de fase y Conmutación estática de la carga inductiva o resistiva.

(SGS-THOMSON Microelectronics , 1995)

El propósito de la interface es poder controlar la potencia de la resistencia calorífica por medio del PID. El circuito que se describe a continuación está creado para recibir una señal de la TI, está activa al MOC3021 y a su vez al Triac, el mismo controla la potencia entregada a las resistencias de silicona. El circuito se describe a continuación.

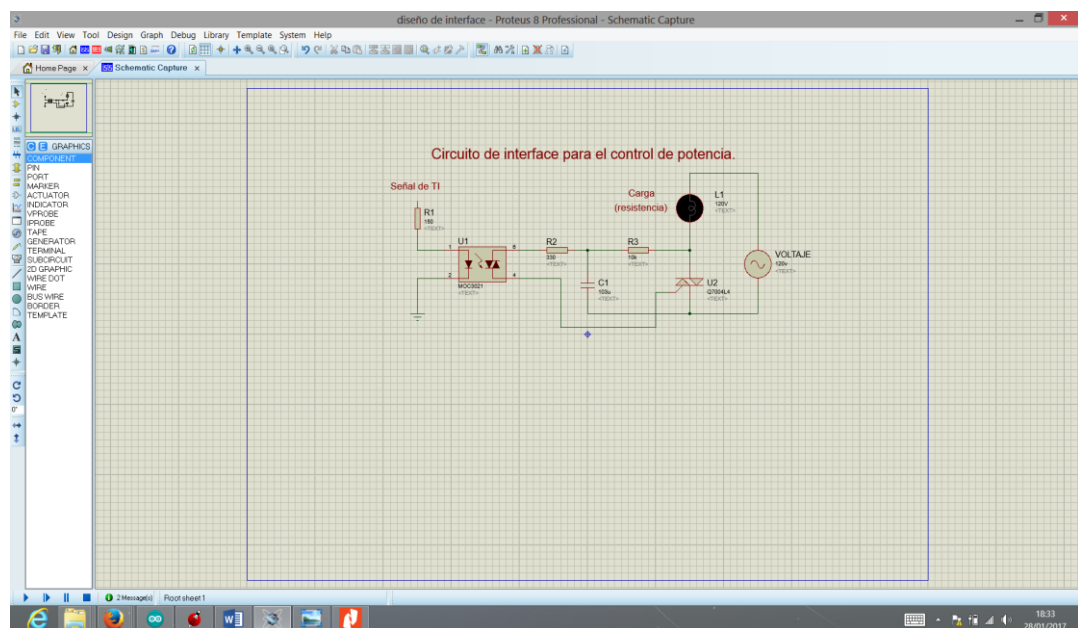


Figura 43. Diseño en Proteus 8 Professional.

Los autores (2017)

Los elementos utilizado en en diseño de control de potencia interface se muestran a continuacion.

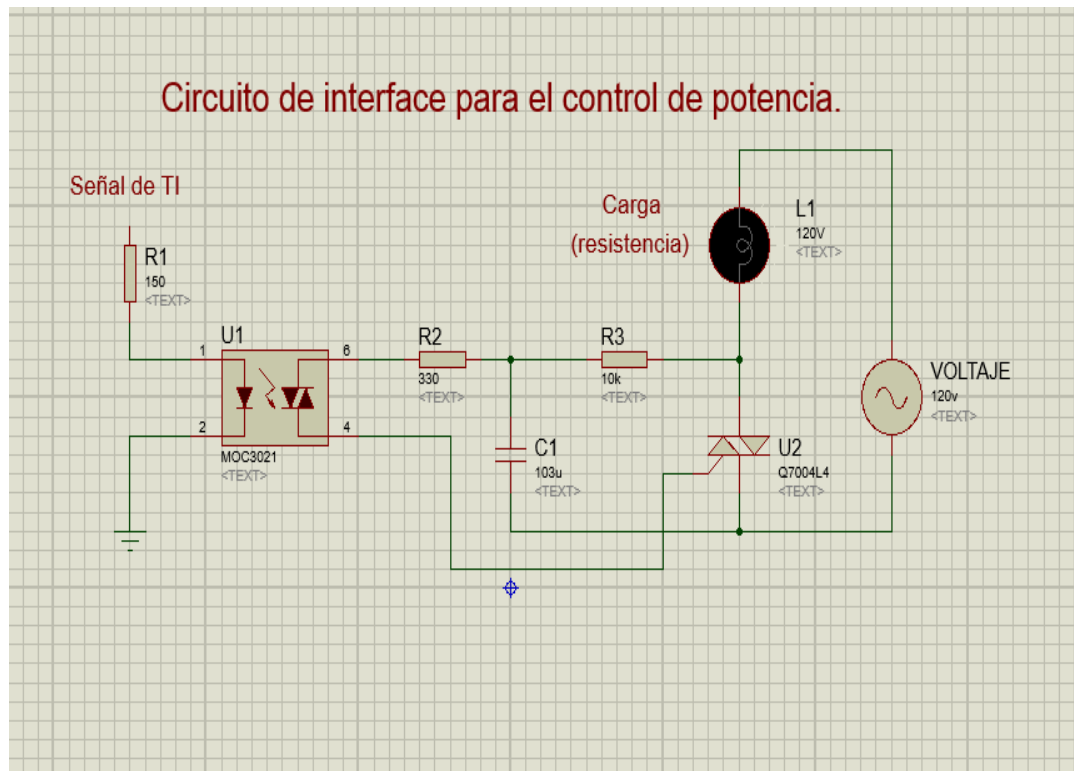


Figura 44. Circuito de interface para control de potencia.

Los autores (2017)

3.8.- Programación tarjeta de control.

Cambiando el mundo, un chip a la vez. Productos de procesamientos analógicos e incrustados generan electrónica en todas las industrias y ayudan a hacer que el mundo sea más inteligente, más seguro, más ecológico, más saludable y más divertido.

(Texas Instruments Incorporated, 1995-2016)

En esta parte se explicó el control de los procesos del prototipo, para esto se eligió la tarjeta de adquisición de datos Texas Instruments (TI) modelo Tiva EK-TM4C1294XL, en el consta el control PID, como salida tiene pantalla LCD para visualización de parámetros, el extractor de calor, la electroválvula y los relé de activación de placas y como entrada un teclado matricial 4x4.

En la programación se manejó librería como es:

PID_v1.- Usar la biblioteca PID tiene beneficios. Hay muchas maneras de escribir el algoritmo PID. Se gastó muchas líneas de programación haciendo el algoritmo. Cuando se utiliza la biblioteca, todo el código PID es autónomo, esto hace que el código sea más fácil de entender. También le permite hacer cosas más complejas, como decir tener 8 PIDs en el mismo programa.

El PID toma esta sigla porque se refiere al ajuste de la salida para conducir la. Hay 3 parámetros de sintonización: K_p , K_i y K_d . El ajuste de estos valores cambiará la forma en que se ajustará la salida rápida o lenta dependiendo de los valores de K_p , K_i y K_d .

(Arduino, 2007)

LiquidCrystal.h.- Esta biblioteca permite controlar las pantallas de LiquidCrystal (LCD) basadas en el Hitachi HD44780 (o un chipset compatible), que se encuentra en la mayoría de las pantallas LCD basadas en texto. La biblioteca funciona con un modo de 4 o 8 bits (es decir, usando 4 o 8 líneas de datos además de las líneas de control. (Arduino, 2007)

Keypad.h.- El teclado es una biblioteca para el uso de teclados de estilo matricial soporta múltiples pulsaciones de teclas. Esta biblioteca se basa en el tutorial del teclado. Fue creado para promover la abstracción del hardware. Mejora la legibilidad del código ocultando las llamadas `pinMode` y `digitalRead` para el usuario. (Arduino, 2007)

Time.h.- La biblioteca Time agrega funcionalidad de timekeeping con o sin hardware de timekeeping externo. Permite a un boceto obtener la hora y fecha como: segundo, minuto, hora, día, mes y año. También proporciona tiempo como un tiempo estándar C `time_t` así que los tiempos transcurridos pueden ser fácilmente calculados y los valores de tiempo compartidos entre diferentes plataformas. (Arduino, 2007)

El software de la programación se llama Energía que se lo puede descargar en la página de la Texas Instruments como se puede apreciar.



```

Programacion_1_9 | Energia 1.6.10E18
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Programacion_1_9
/*****
 * Name      : Prototipo de Limpieza por Ultrasonido
 * Author    : Jhonny Nunez Heredia - Enrique villamar Martinez
 * Date      : 24/06/2017
 * Version   : 1.8
 * Notes     : Trabajo de Grado UPS- GYE
 *****/

// Librería
#include <Keypad.h>           // Librería de Teclado matricial
#include <LiquidCrystal.h>    // Librería de Pantalla LCD
#include <PID_v1.h>            // Librería del PID
#include <Time.h>              // Incluimos la librería Tiempo

// *****
#define PIN_INPUT A18
#define PIN_OUTPUT 19

// Variable del PID
double Setpoint, Input, Output; // Definir variables que vamos
double Kp=2.269, Ki=2.928, Kd= 1.363; // Especificar los enlaces y los p
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);

// Variable de conteo
int t1 = 15; // Tiempo de trabajo 15 minutos
int t2 = 20; // Tiempo de trabajo 20 minutos
int t3 = 25; // Tiempo de trabajo 25 minutos
int td = 30; // Tiempo de descarga 15 minutos

// Entrada de alimentación VCC
const int vcc = 34;

// Variables para Temperatura
int leerGradosC() {
int dato;

int c; // Leemos los datos analógicos
}

Guardado
24 MSP-EXP430F5529LP en COM1

```

Figura 45. Software energía donde se programó.

Los autores (2017)

El código de programación está diseñado para realizar el siguiente proceso:

Se declararon todas las librerías antes mencionadas que se utilizan, los pines de entrada y salida para el funcionamiento del PID. La entrada analógica del sensor y la salida en PWM para el control de la potencia entregada a la resistencia calorífica.

Están declarado los parámetros para el funcionamiento del PID como es KP, TI y TD. Se tiene como constante valores de tiempos de funcionamientos. Una variable para la lectura del sensor. Declaración del teclado matricial y los pines a conectar en la placa TI. Declaraciones de pines conectado en la pantalla LCD y declaraciones de pines utilizado como es extractor de calor, válvula y activaciones de placas.

- El primer mensaje que se muestra es una bienvenida donde consta nombre de la tesis y la universidad con un tiempo de espera.
- El segundo mensaje se tiene que elegir en el teclado la opción A para iniciar la limpieza.
- Tercer mensaje con opciones a elegir en el teclado los tiempos de limpieza, que están en 15, 20 y 25 minutos.
- Cuarto mensaje donde muestra el tiempo elegido con opciones a retroceder al tercer mensaje o inicio de limpieza.
- El quinto mensaje se muestra el funcionamiento de limpieza como es: la temperatura del tanque, en tiempo transcurrido de limpieza.
- Sexto mensaje es la espera para el drenaje del tanque.
- Séptimo y último mensaje se tiene un reporte del funcionamiento del equipo como tiempo, frecuencia y temperatura del trabajo, con una opción de regresar al tercer mensaje para continuar otro ciclo de limpieza.

Parte del código de programación del prototipo.



```
File Edit Sketch Tools Help
Limpieza-Ultrasonica

lcd.clear(); // Borra la pantalla LCD
lcd.print(" BIENVENIDO"); // Mensaje a Mostar
lcd.setCursor(3, 1); // Dirección de cursor caracteres y fila
lcd.print("LIMPIADOR ULTR.");
lcd.setCursor(5, 2);
lcd.print(" UPS-GYE ");
delay(3800); // Tiempo de retardo
}

void loop(){ // Se ejecutan justo después de las de la sección void setup()
  lcd.clear();
  lcd.print(" Iniciar Limpieza");
  lcd.setCursor(8, 3);
  lcd.print("A =>");
  char key = teclado.getKey(); // El valor que puede tener una variable de este tipo es siempre
  if (key == 'A') {
    do{
      menu_elegir ();
    } while (key== 'A');
  }
  delay (200);
}

// Menu principal
void menu_elegir(){
  lcd.clear();
  lcd.print(" Tiempos de Limpieza");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("1 => 15 MINUTOS.");
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("2 => 20 MINUTOS.");
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("3 => 25 MINUTOS.");
  //lcd.setCursor(0, 4);
  //lcd.print("D => INICIO");
  char key = teclado.getKey();

  if (key == '1') {
    do{
      menu_tiempo_1 ();
    } while (key== '1');
  }

  if /key == '2' {
```

Done compiling.
C:\Users\ELBART-1\AppData\Local\Temp\build4473611676386464585.tmp\Limpieza-Ultrasonica.cpp.elf,
C:\Users\ELBART-1\AppData\Local\Temp\build4473611676386464585.tmp\Limpieza-Ultrasonica.cpp.bin]
Binary sketch size: 12,012 bytes (of a 1,048,576 byte maximum)

348 - 349 LaunchPad (Tiva C) w/ tm4c129 (120MHz) on COM4

Figura 46. Código de programación.

Los autores (2017)

3.9.- Diseño de circuitos interfaces para adaptación con placa EK-TM4C1294XL.

Se tiene como interfaces a los circuitos periféricos que asisten el funcionamiento del control del sistema de lavado. La Tarjeta de Adquisición de datos EK-TM4C1294XL con sus conexiones de entradas y salidas adaptadas a sus circuitos de interfaces. En la siguiente imagen se describe los elementos principales del diseño.

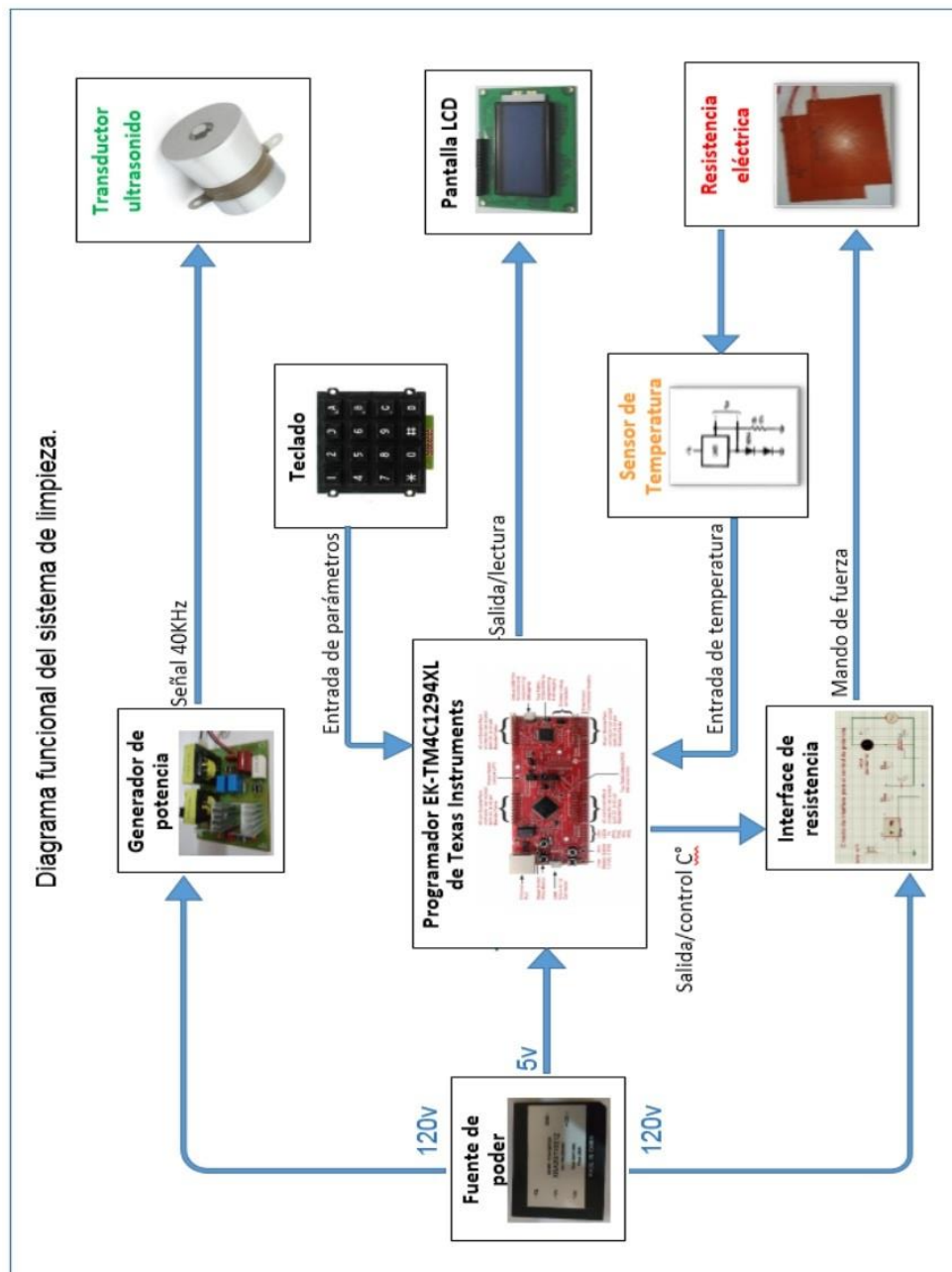


Figura 47. Conexiones de elementos.

Los autores (2017)

A continuación se detalla conexión de los pines utilizados de la TI.

El pin 2 tiene como objetivo activar el relé RL2, envía una señal a la base de Q2 para que entre en saturación colector - emisor de esta manera acciona los contactos de fuerza y encender el extractor de calor que funciona a 120VCA.

El pin 4 trabaja de la misma manera que el pin 2, pero este activa la electroválvula que también funciona a 120V.

El pin 6 de la misma manera, pero este activa a las 5 placas generadoras de ultrasonidos.

Los pines 12 al 15, 17 y 18 se conectan a la pantalla LCD.

El pin 19 está configurado como salida, se conecta al pin 1 del MOC opto acoplador, el circuito se describe anteriormente.

El pin 24 está configurada como entrada, se conecta el pin 2 del LM35 que censa temperatura del agua y es parte de la señal del PID.

Los pines 51 al 54 están configurados para conectar al teclado y son las columnas, también se conectan a 4 resistencias.

Los pines 55, 57, 58, 59 se conectan al teclado y es el arreglo de las filas.

Los pines 34 y 60 se conectan a positivo y negativo de la tarjeta TI.

También en este circuito se consideró la fuente de alimentación, este es un módulo compacto, tiene como entrada 120VCA y salida 12VCD para alimentar los relés, un regulador L7805 q que suministra el voltaje para tarjeta TI, LM35, Pantalla LCD y teclado.

Como se puede apreciar una vista general de lo antes mencionado en la siguiente imagen.

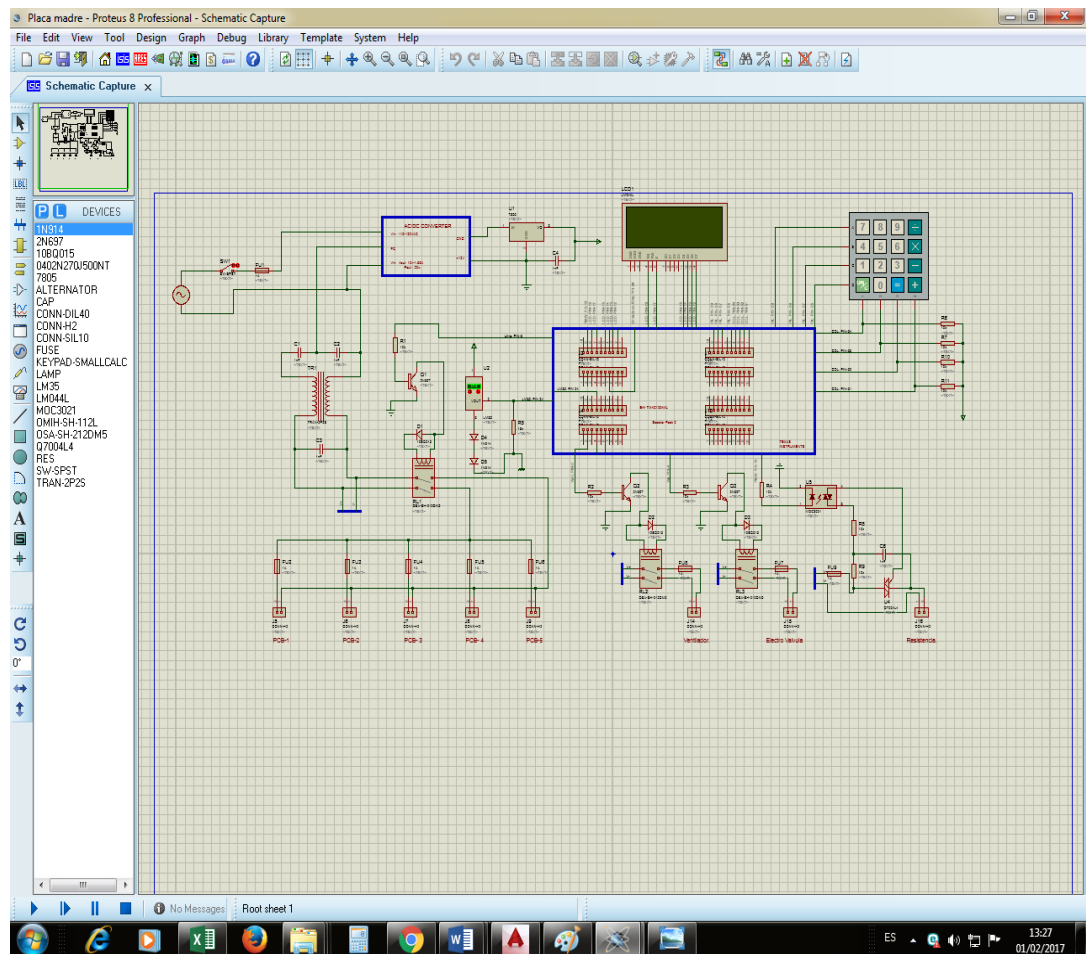


Figura 48. Diseño de circuitos en Proteus 8 Professional.

Los autores (2017)

DISEÑO DE CIRCUITOS DE INTERFACES

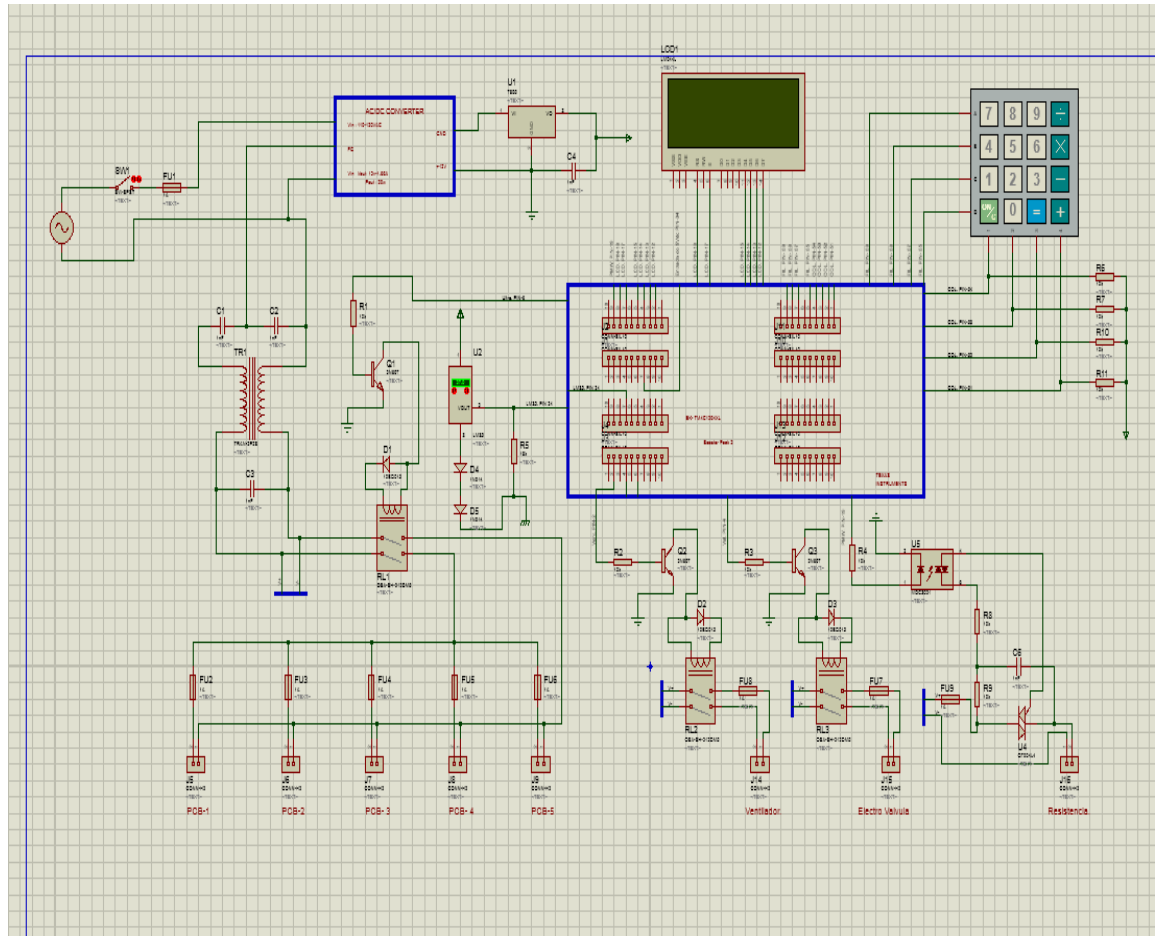


Figura 49. Diseño de circuitos interfaces del proyecto entero.

Los autores (2017)

3.9.1.- Diseño de pistas para circuitos interfaces.

Este es el diseño de pistas para fabricación del circuito impreso (PCB) donde se conectan los dispositivos de interfaces, incluyendo la tarjeta de adquisición de datos.

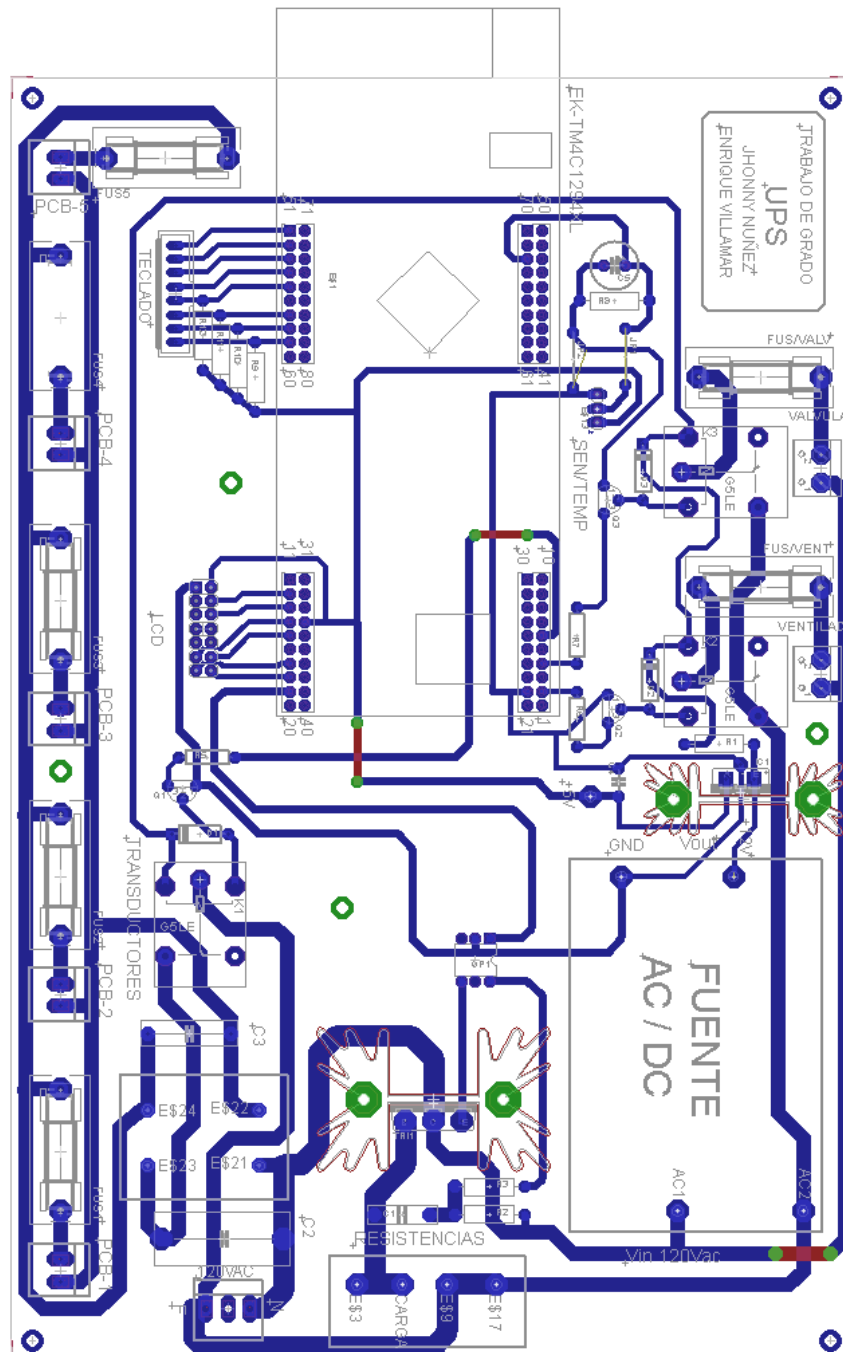


Figura 50. Diseño de pistas para placa principal.

Los autores (2017)

3.9.2.- Diseño y construcción de baquelita PCB para circuito interfaces.

En este diseño de placa de circuito impreso (PCB) se montan los dispositivos de interfaces incluyendo la tarjeta de adquisición de datos.

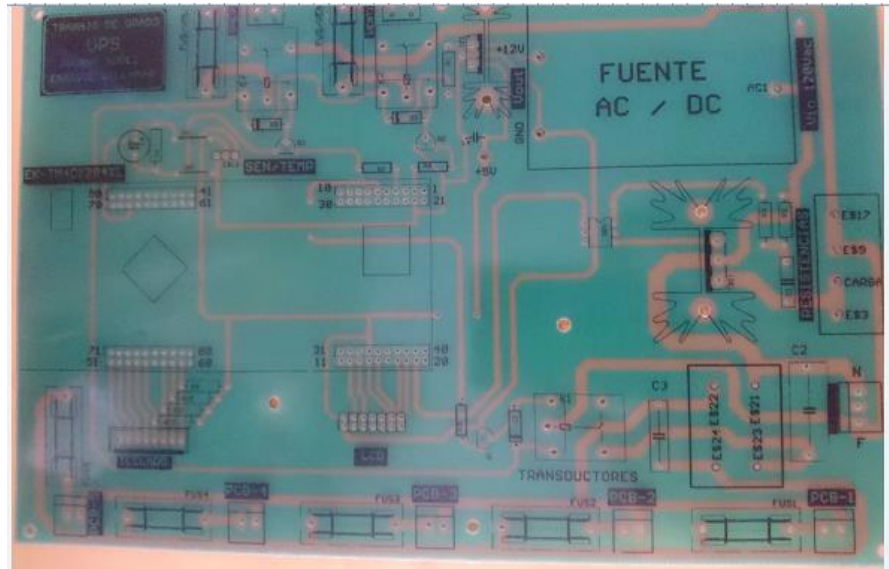


Figura 51. Vista superior de placa de circuitos PCB interfaces construida.

Los autores (2017)

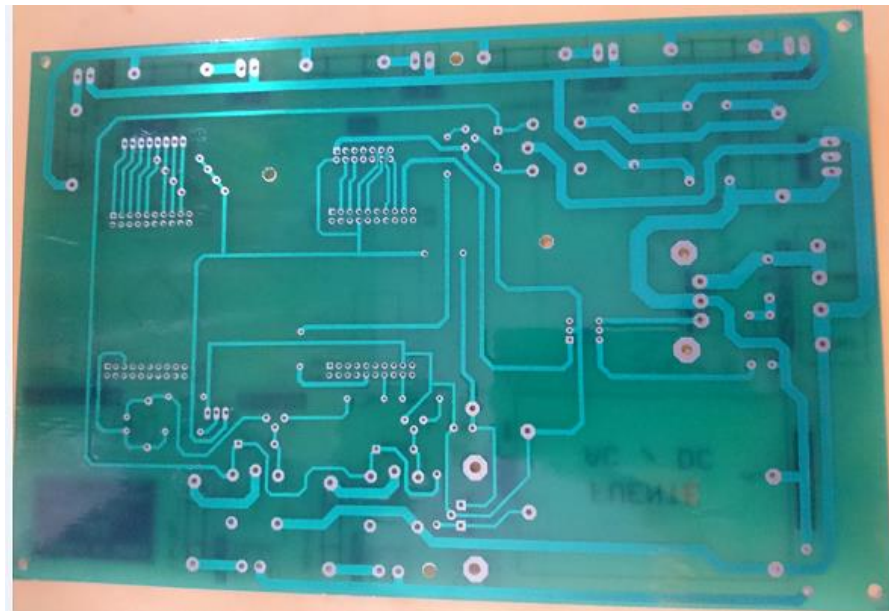


Figura 52. Vista inferior de placa de circuitos PCB interfaces construida.

Los autores (2017)

3.9.3.- Pruebas de circuitos interfaces con placa TI.

En esta etapa se procedió al ensamblaje de la tarjeta donde se montó todos los circuitos de interfaces, además la fuente compacta de 120VCA a 12VCD, los conectores de conexión para el teclado y pantalla LCD.

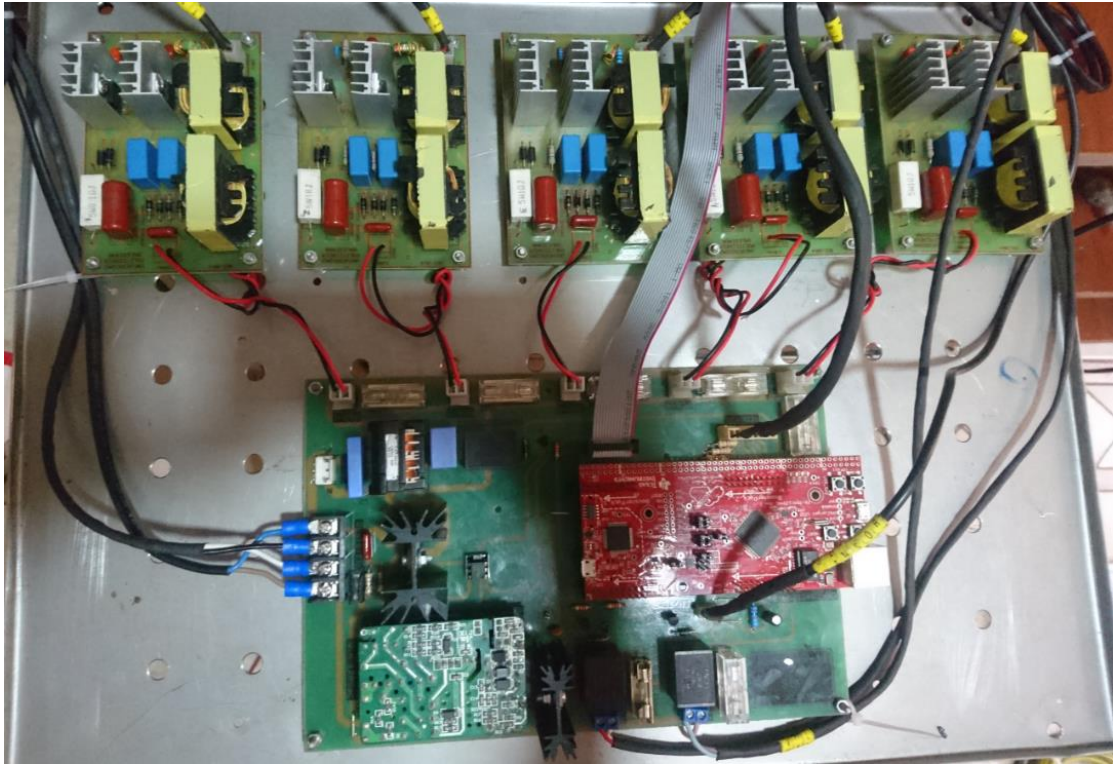


Figura 53. Demostración del funcionamiento de las placas

Los autores (2017)

4.- RESULTADO

Prueba de cavitación

Se procedió hacer pruebas para verificar que existe cavitación, consiste en introducir un pedazo de papel de aluminio fino dentro del tanque como se observa la siguiente figura.



Figura 54. Papel de aluminio de prueba

Los autores (2017)

Al cabo de tres minutos se observó que el papel de aluminio se perfora como se muestra la siguiente figura.



Figura 55. Resultado del papel de aluminio

Los autores (2017)

El funcionamiento del sistema de lavado, se evalúan los componentes utilizados.

4.1.- Carcaza.

La siguiente foto muestra el prototipo terminado con su contenedor adherido a la carcasa.



Figura 56. Carcaza prototipo implementada.

Los autores (2017)

En la siguiente foto muestran los cortes de la carcasa donde se montaron los elementos exteriores. Como el LCD, el teclado, el extractor, interruptor, fusible y la clavija de alimentación.



Figura 57. Vista de frente con la pantalla y teclado.

Los autores (2017)



Figura 58. Vista de conexión de cable de poder y extractor.

Los autores (2017)

Se instaló para el drenaje cañerías conectada a una manguera para el drenaje del agua.



Figura 59. Electroválvula y elementos de drenaje.

Los autores (2017)

4.2.- Contenedor y transductores.

Se muestra el contenedor con la perforación a un lado que sirve para el rebose de agua, la perforación para el drenaje en la parte baja ya con su acople, la distribución de los transductores adheridos al contenedor, estos fueron pegados con la solución Hikg Tack.



Figura 60. Contenedor.

Los autores (2017)

4.3.- Placa generadora de potencia.

Se muestra terminada la placa generadora de potencia.

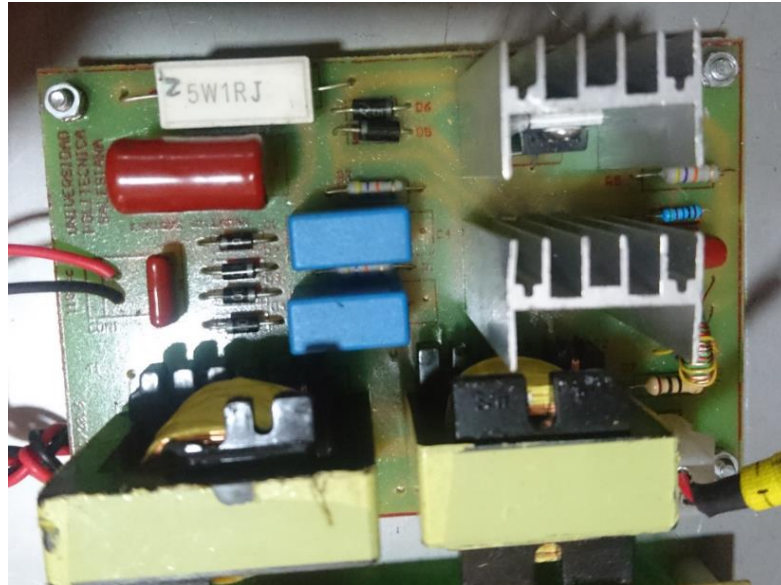


Figura 61. Foto de la placa generadora de potencia.

Los autores (2017)

Las placas fueron probadas pasando todas las pruebas.

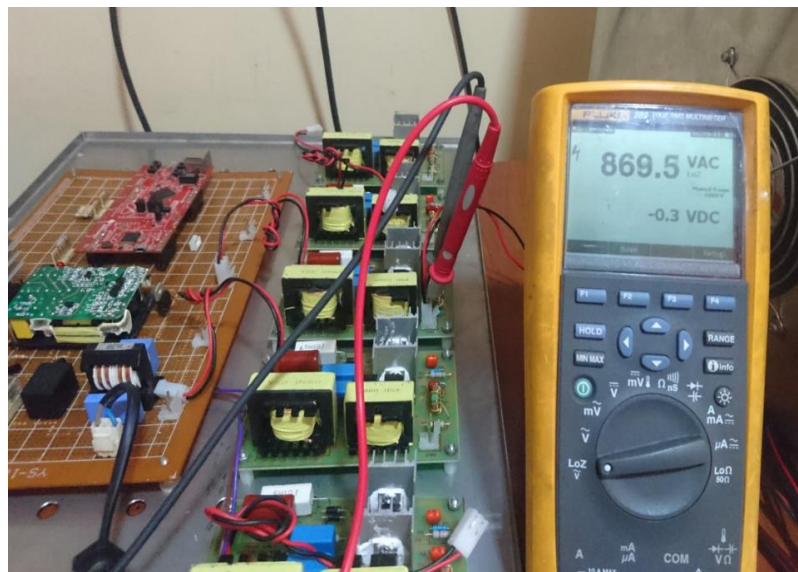


Figura 62. Pruebas de placas generadoras de potencia.

Los autores (2017)

4.4.- PID.

Para la comprobación del PID se optó por hacer simulaciones en Matlab R2015R para saber por medio de gráfica la estabilidad que tiene el sistema.

Una vez obtenidas las ecuaciones matemáticas se las ingreso en Matlab R2015R para saber cómo esta los polos y ceros en el sistema.

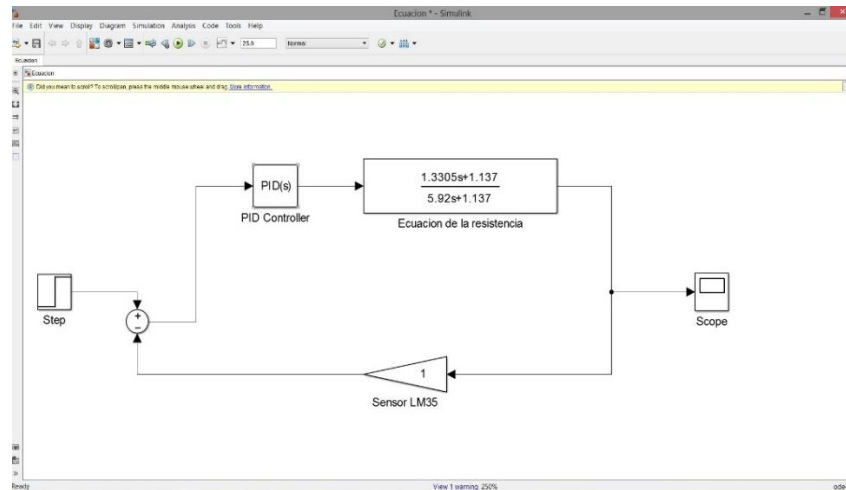


Figura 63. Demostración de parámetros PID.

Los autores (2017)

Ingreso de código para su comprobación de polos y ceros en Matlab R2015

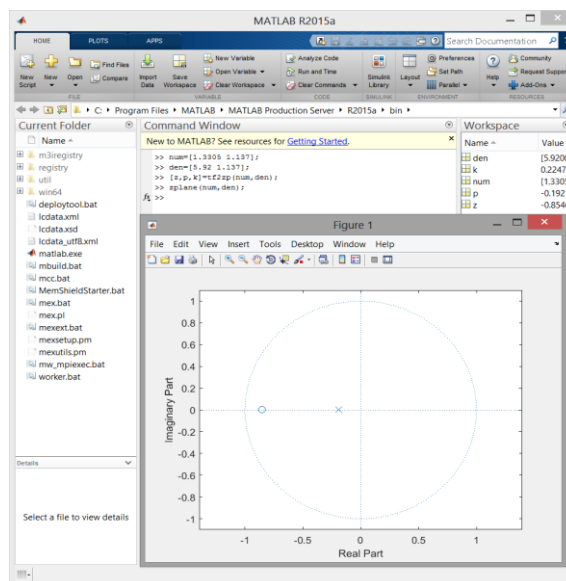


Figura 64. Gráfica de Polos y ceros.

Los autores (2017)

4.4.1.-Interface del PID

Para el interface de control PID realizaron varias pruebas para obtener un buen circuito en su funcionamiento que no genere inconveniente a la hora del proceso

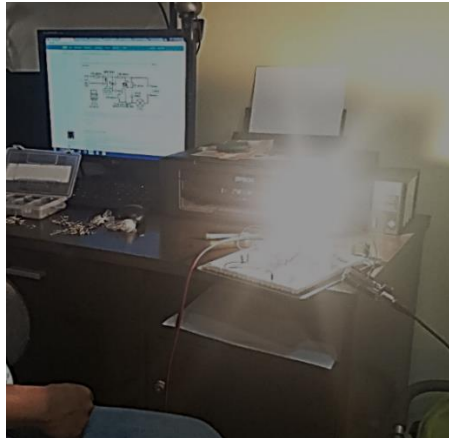


Figura 65. Prueba de control de potencia a un foco incandescente.

Los autores (2017)

4.5.- TI (Texas instruments)

En el código de programación se puede ver el resultado de funcionamiento del prototipo donde se fue programando por etapas, como son: pantalla, teclado, tiempos, PID. Y se fueron probando etapa por etapa si en las pruebas genera un inconveniente, y de no cumplir con lo requerido descubrir en qué etapa está el problema. Una vez comprobada las etapas y su respectivo funcionamiento se comenzó hacer una sola programación.



Figura 66. Implementación en protoboard para demostración de código.

Los autores (2017)

Pruebas de la tarjeta de control de sus entradas y salidas programadas.



Figura 67. Pruebas de programación con todos los parámetros requerido.

Los autores (2017)

4.6.- Diseño y construcción de circuitos interface.

Los circuitos de interface conectados a las entradas en salida de la tarjeta TI, sin ningún problema.

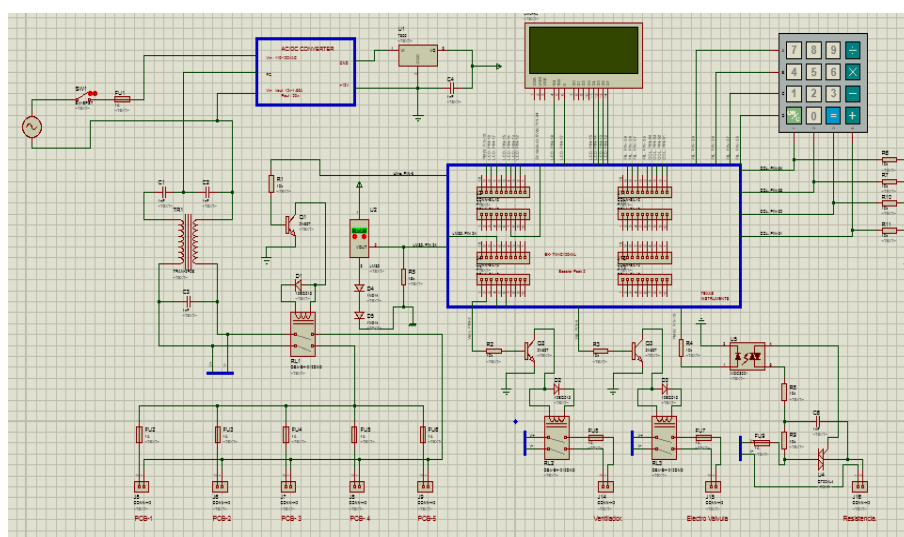


Figura 68. Pruebas de placa de circuitos de interface.

Los autores (2017)

Se muestra placa construida con baquelita universal para prueba antes de fabricar la placa definitiva.



Figura 69. Pruebas de placa de circuitos interface.

Los autores (2017)

6.- CONCLUSIONES

Con respecto a la selección de los dispositivos de temperatura, frecuencia y tiempo, se concluye que, para una buena limpieza, las resistencias adecuadas son las de silicona porque estas se adhieren con facilidad al tanque de lavado. La frecuencia adecuada para esta aplicación es 40KHz. El tiempo mínimo para que se produzca la limpieza son 15 minutos.

Los transductores utilizados BJT-4050T-45HS (PZT-4) 50W a 40KHz de la empresa Beijing Ultrasónica Ltda. Co. Especialista en la fabricación de estos traductores, son diseñados para producir un alto grado de cavitación, estos son partes fundamental del sistema de limpieza para inducir energía ultrasónica al tanque de limpieza necesaria para producir la cavitación acústica, dadas las características del prototipo estos transductores cuentan con especificaciones eléctricas y mecánicas requeridas para esta aplicación.

La Tarjeta EK-TM4C129XI donde se programó todo el control del sistema de limpieza, su programación es amigable por lo que se puede incluir librerías utilizadas en la plataforma de Arduino, esto hace que se desarrollo sea aún más amplio.

En el diseño y construcción de la tarjeta generadora de potencia, se realizaron pruebas de voltajes, corrientes y frecuencias, concluyendo las pruebas con valores teóricos y prácticos similares, ajustando el funcionamiento de la tarjeta con los transductores.

En base al desarrollo para un controlador PID utilizando Matlab como herramienta de cálculo se determinan los valores de forma rápida, visuales y precisos. Por la condición de la planta, se concluye que esta tiene un estado transitorio largo debido a las resistencias calefactoras de material de silicona de bajo vatios, sin embargo alcanzado el estado permanente el sistema es estable y el controlador PID puede ajustado al punto de operación que es de 35 grados centígrados.

Debido a toda la información que se ha conciliada se ha logrado desarrollar un completo manual de funcionamiento y mantenimiento de la máquina de lavado de utensilio medico hospitalario, en el mismo están todas las información necesaria que respalda la eficiencia del prototipo.

7.- RECOMENDACIONES

Las resistencias de silicona se deben probar antes de ser instaladas, estas una vez adherida al tanque es complicado separarlas del contenedor.

Se debe fijar bien los transductores al contenedor por medio de una goma especial para este uso.

Utilizar cable con apantallamiento para conectar los transductores piezoeléctricos y evitar las interferencias que ocasionan la alta frecuencia, estas pudiese dar lecturas erróneas en el proceso de trabajo del prototipo.

En el ensamblaje de la placa generadora de potencia, hacer uso de pasta de soldar par tener un buen punto de soldadura.

La tarjeta de adquisición de datos EK-TM4C129XI se debe activar por Texas Instruments vía web, una vez activada se puede desarrollar el proceso que se requiera y para más ayuda se puede ver los ejemplos de Arduino en su página.

8.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A&J Tecnoinnovacions S.L. (2016). *Limpieza por ultrasonidos*. Obtenido de <http://www.limpiezaporultrasonidos.es/ultrasonidos>
- Arduino. (2007). *Arduino Library*. Obtenido de <http://playground.arduino.cc>
- Beijing Ultrasonic . (2016). *40KHz 50W Ultrasonic Cleaning Transducer(pzt4)*. Obtenido de <https://www.bjultrasonic.com/shop/40khz-50w-ultrasonic-cleaning-transducer-pzt4/>
- Carlos Pineda Villaseñor, M. M. (2012). Principios físicos básicos del ultrasonid. *Tecnología en salud*, <http://www.medigraphic.com/pdfs/invd/ir-2012/ir121e.pdf>.
- Edelson, L. F. (Octubre de 1978). *circuito oscilante para un dispositivo de limpieza por ultrasonidos con realimentación desde el transductor piezoeléctrico* . Obtenido de <https://www.google.com/patents/US4081706>
- Gabriel. (2013). *Inventable* . Obtenido de <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>
- Guioteca. (2011). *guioteca.com*. Obtenido de <https://www.guioteca.com/educacion-para-ninos/que-es-el-ultrasonido-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>
- Hugo Alejandro Macías, M. M. (2012). Convertidor AC-AC. *Diseño y construcción de un generador ultrasónico para la elaboración de la erosión y corrosión por cavitación en recubrimientos duros*, 43-44.
- Juan A Gallegos-Juarez, karl F Graff. (2014). *Power Ultrasonics: Applications of High-Intensity Ultrasound*. Cambridge: ELSEVIER.
- K.L. Mittal, A. P. (2011). Tecnología de los Plásticos. *Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado*, 1.
- Karl J. Åström, T. H. (2009). *CONTROL PID AVANZADO*. Madrid (España): PRINTED IN SPAIN. Obtenido de <http://control-pid.wikispaces.com/>
- Luis, I. A. (2016). Manual de Uso Y Protocolos, cavitación,. *Therapeutic Medical Technology*, 1 y 4.
- National Semiconductor. (1994). LM35, Precision Centigrade Temperature Sensors. *Datasheets for electronics components.*, 1.
- Ogata, K. (2010). *INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA*. Madrid: EARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Pablo, R. J., & Jorge, S. (Noviembre de 2010). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE*. Bogota DC, Colombia.

- Puskas, W. L. (Noviembre de 1972). *Oscillatory circuit for ultrasonic cleaning apparatus*.
Obtenido de <https://www.google.com/patents/US3681626>
- Rvaldizarbe. (Octubre de 2011). *Limpieza de repuestos por Ultrasonidos* . Obtenido de
https://i.ytimg.com/vi/pBGr_m0MmAY/hqdefault.jpg
- SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA. (2017). *This datasheet* . Obtenido de
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/O/C/3/MOC3041.shtml
- SGS-THOMSON Microelectronics . (1995). *Datasheet*. Obtenido de
<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/motorola/MOC3042.pdf>
- SOLÉ, A. C. (1997). Medición de caudal. En *Instrumentación Industrial 6Ta edición* (pág. 110).
Barcelona, España: Marcombo, S. A.
- SOLÉ, A. C. (1997). *Medición de caudal*. Barcelona, España: Marcombo, S. A.
- Texas Instruments Incorporated. (1995-2016). *About TI* . Obtenido de
http://www.ti.com/corp/docs/company/who_we_are.html
- TM Associates. (2008). *Questions and answers about Ultrasonic Cleaning*. Obtenido de
<http://www.tmasc.com/>
- UCE ultrasonic Ltd. (2012). *Transductores ultrasonido*. Obtenido de <http://www.ultra-piezo.com/spanish-ultrasonic/225.html>
- YOUNG, HUGH D. y ROGER A. FREEDMAN. (2009). Temperatura y Calor. En *Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición* (pág. 582). México: Rubén Fuerte Rivera .

Anexos

A - Manual de funcionamiento y mantenimiento.

B - Muestra de registro temperatura de medición por Fluke 289.

C - Hoja de datos de elementos electrónicos:

- C-1 EK-TM4C1294XL
- C-2 TRANSDUCTOR - BJC-4050T-45HS (PZT-4)
- C-3 DISPLAY
- C-4 TECLADO MATRICIAL 4X4
- C-5 RESISTENCIA SILICONA SRFG-304
- C-6 VÁLVULA SOLENOIDE 2W-365-30-AC110V

Anexo A

Manual de funcionamiento y mantenimiento

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROTOTIPO DE LIMPIEZA POR MEDIO DE ULTRASONIDO



MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO

AÑO - 2017

Contenido

GENERALIDADES.....	1
1.1.- Introducción.....	1
1.2.- Objetivos.....	2
1.3.- Objetivos Específicos	2
1.4.- Mensaje importante	3
1.5.- Descripción básica del prototipo	3
1.5.1.- Componentes externos.....	3
1.5.2. Accesorios periféricos	5
1.6.- Características generales	5
FUNCIONAMIENTO	6
2.- Conocimientos preliminares.....	6
2.1.- Definiciones.....	6
2.2.- Parámetros para la limpieza ultrasónica	8
2.3.- Instrucciones y recomendaciones para poner en marcha el equipo.....	10
2.4.- Instrucciones para el funcionamiento.	11
MANTENIMIENTO	15
3.1.- Características técnicas	15
3.1.1.- Mecánicas.....	15
3.1.2.- Eléctricos.....	15
3.1.3.- Electrónicas	16
3.1.4.- Calefacción	16
3.1.5.- Ultrasonidos.....	17
3.2.- Practicas de mantenimiento seguro.....	17
3.3.- Partes eléctricas importantes del equipo.	18
3.4.- Desmontaje del equipo.....	19
3.5.- Tarjeta generadora de frecuencia.	20
3.6.- Tarjeta base de control.....	21
3.7.- Componentes de drenaje.....	22
3.7.1.- Electroválvula	22
3.7.2.- Boquillas de drenaje y rebose.....	22
3.8.- Elementos críticos para la función de limpieza	23
3.8.- Componentes externos	25
3.9.- Dimensiones del tanque.....	27
3.10.- Dimensiones de carcaza.	27
3.11.- Diagrama de bloque.	28
Bibliografía	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen con componentes externos.	3
Figura 2. Imagen frontal del prototipo terminado.	4
Figura 3. Imagen frontal del prototipo terminado.	4
Figura 4. Imagen frontal del prototipo terminado.	5
Figura 5. Ubicación del switch de encendido.....	12
Figura 6. Display con menú de bienvenida	12
Figura 7. Display con menú de inicio	12
Figura 8. Display con menú de tiempos.....	13
Figura 9. Display con menú de tiempo seleccionado	13
Figura 10. Display con menú de tiempos	14
Figura 11. Display con menú de tiempos	14
Figura 12. Display con menú de inicio	14
Figura 13. Representación de elementos del equipo parte frontal.....	18
Figura 14. Representación de elementos del equipo parte lateral	18
Figura 15. Lavadora en posición para desmontar tapa	19
Figura 16. Lavadora con tapa inferior desmontada.	20
Figura 17. Placa tarjeta generadora de frecuencia	20
Figura 18. placa base de control.....	21
Figura 19. Electroválvula.....	22
Figura 20. Boquilla de rebose.....	22
Figura 21. Boquilla se drenaje.....	23
Figura 22. Resistencia de silicona.	24
Figura 23. Ubicación de transductores.	24
Figura 24. Vista de componentes externos.....	25
Figura 25. Vista de elementos desde la parte interior	25
Figura 26. Pantalla LCD y teclado vista exterior	26
Figura 27. teclado y Pantalla LCD vista interior.....	26
Figura 28. Vistas del tanque	27
Figura 29. Vistas de carcaza	27
Figura 30. Diagrama de bloque.....	28

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Cuadro de fabricantes de solución limpiadoras.	9
--	---

GENERALIDADES

1.1.- Introducción

El presente manual de operación y mantenimiento del prototipo de limpieza por ultrasonido sirve de guía a la persona que haga uso del equipo, este describe el funcionamiento adecuado que considera el lavado de utensilios médico hospitalario.

El lavado por ultrasonido es un procedimiento moderno que asegura la limpieza bajo ciertos parámetros de energía ultrasónica, tiempo, temperatura y solución limpiadora. También reduce el riesgo de contaminación cruzada y de infección que puede ocurrir con la limpieza manual.

1.2.- Objetivos

Guiar al operador paso a paso al manejo del prototipo e instrucciones técnicas de mantenimiento.

1.3.- Objetivos Específicos

- Facilitar el uso de prototipo
- Describir las partes que componen el prototipo.
- Instruir el funcionamiento de un sistema de lavado por ultrasonido.
- Presentar este manual de anexo para el trabajo de grado.

1.4.- Mensaje importante

Leer detenidamente y cumpla todas las normas de seguridad y las instrucciones de funcionamiento antes de utilizar la máquina, solo personal formado y autorizado puede utilizar el prototipo, este manual debe acompañar a la máquina en cualquier momento.

1.5.- Descripción básica del prototipo

El prototipo contiene un tanque con dos orificios, uno para drenaje, otro para el rebose que permite llenar doce litros de agua, una estructura fabricada de acero inoxidable para montaje de componentes eléctricos y mecánicos.

1.5.1.- Componentes externos

El prototipo debe apoyarse sobre una mesa firme y segura, tiene como medidas 53.3 cm de ancho, 40 cm de largo y 32.7 cm de alto.

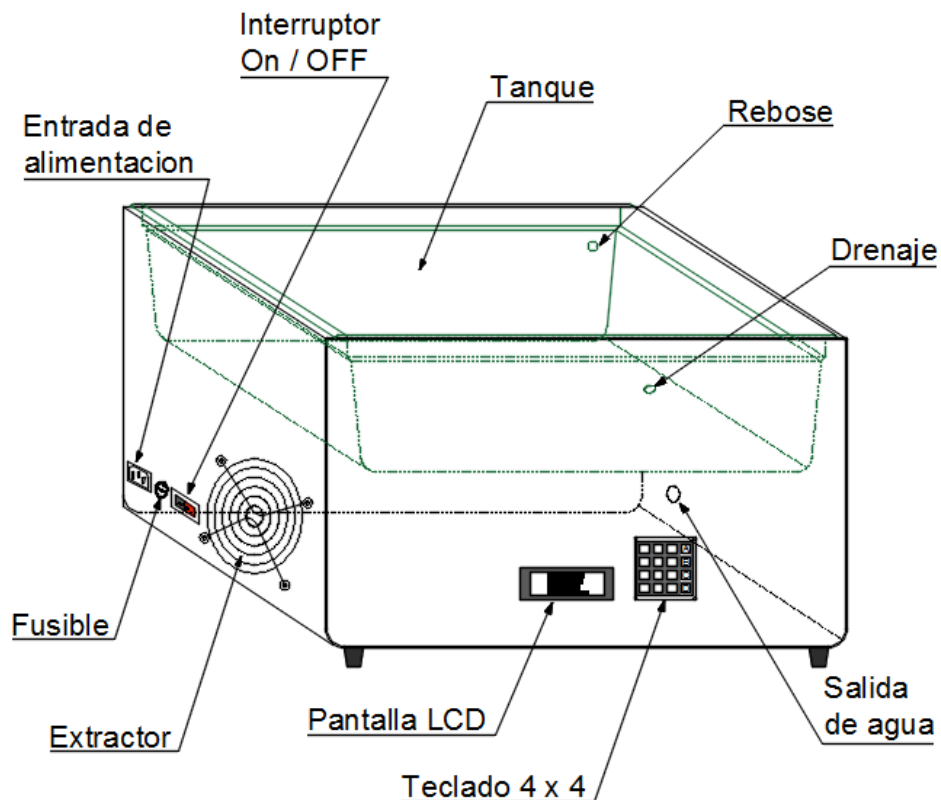


FIGURA 1. IMAGEN CON COMPONENTES EXTERNOS.

Los autores (2017)

Vistas ampliadas de las partes que se debe conocer para poner en marcha su funcionamiento.

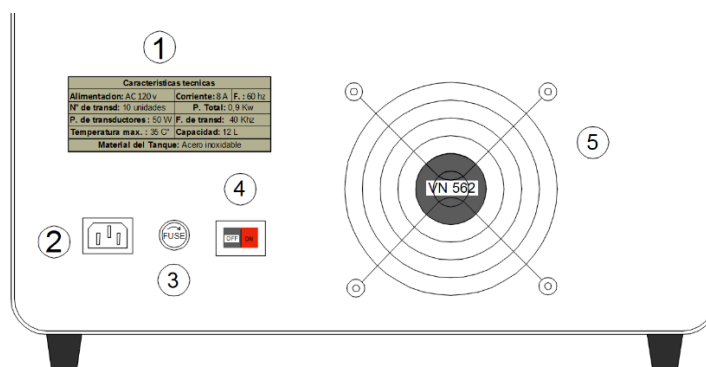


FIGURA 2. IMAGEN FRONTAL DEL PROTOTIPO TERMINADO.

Los autores (2017)

- 1: Placa de características.
- 2: Conexión para cable de poder.
- 3: Porta fusible de protección.
- 4: Interruptor de encendido luminoso.
- 5: Extractor de aire.

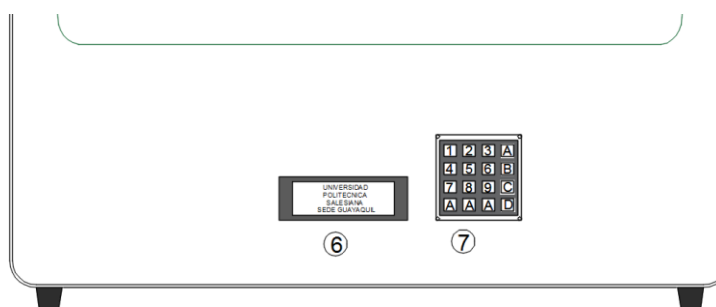


FIGURA 3. IMAGEN FRONTAL DEL PROTOTIPO TERMINADO.

Los autores (2017)

- 6: Display LCD para visualizar funcionamiento.

7: Teclado para ingresar comandos de activación.

8: Orificio de drenaje para el desfogue de agua.

9: Orificio de rebose para limitar el llenado del tanque.

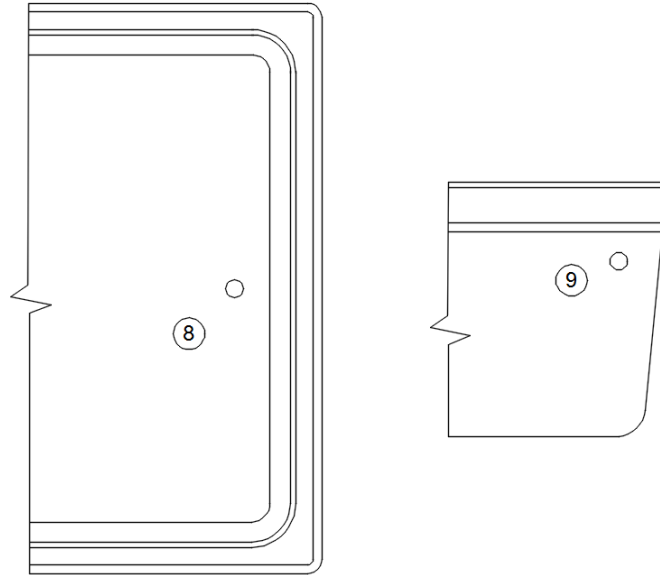


FIGURA 4. IMAGEN FRONTAL DEL PROTOTIPO TERMINADO.

Los autores (2017)

1.5.2. Accesorios periféricos

- Cable de poder
- Canastilla
- Manguera PVC para desagüe
- Tapa de tanque

1.6.- Características generales

- Material: Acero inoxidable 316.
- Capacidad del tanque: 12 litros.
- Dimensiones del Tanque: 53.3 x 32.5 x 14.5 cm (Ancho x largo x alto).
- Alimentación: 120V – 60Hz.
- Potencia eléctrica: 0.9 Kw
- Frecuencia de ultrasonido: 40 KHz.
- Potencia total de ultrasonido: 500 W.
- Temperatura máxima: 35 grados centígrados.

FUNCIONAMIENTO

2.- Conocimientos preliminares

Es necesario una pequeña introducción de los procedimientos de lavado que tiene a cargo las tareas de enfermería, ya que el prototipo está dirigido para la limpieza de utensilios médico hospitalaria.

2.1.- Definiciones

En el ámbito medico hospitalario es esencial identificar conceptos como limpieza, desinfección y esterilización, la función que cumple **el lavado** en los procesos de esterilización para utensilios medico hospitalario. También los parámetros que deben cumplir la limpieza por ultrasonido para asegurar una limpieza adecuada.

➤ **Limpieza**

Es el proceso de remover a través de medios mecánicos y/o físicos, el polvo, la grasa y otros contaminantes de las superficies, equipos, materiales, personal, etc. (Magaly Pedrique de Aulacio, 2008).

➤ **Desinfección**

La destrucción, inactivación o remoción de aquellos microorganismos que pueden causar infección u ocasionar otros efectos indeseables; la desinfección no implica necesariamente esterilización. (Magaly Pedrique de Aulacio, 2008).

➤ **Esterilización**

Proceso que destruye toda forma de vida microbiana. Un objeto estéril (en sentido microbiológico) está libre de microorganismos vivos. (Magaly Pedrique de Aulacio, 2008).

Se debe aclarar que el prototipo está orientado para la limpieza y desinfección dependiendo de las soluciones limpiadoras que se usen en el lavado de ultrasonido, para la desinfección es necesario un prelavado minucioso. Más adelante se detalla cuadro de fabricante de soluciones limpiadoras para obtener buenos resultados en la limpieza.

➤ **Función que cumple el lavado en los procesos de esterilización en centros médicos.**

De acuerdo con la investigación de campo realizada en el “Hospital León Becerra” en el área de esterilización y consultas en manuales de bioseguridad del MSP (Ministerio de Salud Pública). El **lavado** comprende un paso importante en el proceso de esterilizar los utensilios médicos hospitalarios, estos pasos se exponen a continuación:

1. Prelavado
2. **Lavado**
3. Secado
4. Lubricado
5. Empaquetado
6. Esterilizado
7. Control y almacenamiento.

La utilización del lavado por medio de ultrasonido comprende el ítem 2 de los pasos para llevar a cabo el proceso de esterilización.

➤ **Proceso de lavado por ultrasonido.**

- Abrir los utensilios articulados y desmontar las distintas piezas que lo componen.
- Colocar el material en la cesta o bandejas evitando sobrecargarla.
- Agregar líquido limpiador al tanque de limpieza.
- Introducir la cesta en el tanque de ultrasonidos, de manera que el material quede totalmente sumergido.
- Dejar funcionar el equipo de ultrasonido bajo los parámetros establecidos y las instrucciones del detergente enzimático.
- Retirar la cesta del tanque y aclarar con agua desmineralizada.

- Sacar los materiales y secarlo minuciosamente.

Comprobar visualmente que se han eliminado los restos de materia orgánica. (Dr. Nelson Vásconez Zárate).

2.2.- Parámetros para la limpieza ultrasónica

Son cuatro factores que determinan esencialmente el resultado de la limpieza.

➤ **Energía ultrasónica**

Para esto debe considerar la frecuencia y potencia total de transductores piezoeléctrico que son los que transfieren la energía ultrasónica a las superficies a limpiar a través de un medio líquido, Los transductores están fabricado de titanio de cincronato de plomo (PTZ-4) tipo sandwich y su frecuencia a 40KHz, que son los sugeridos para este tipo de limpieza.

➤ **Tiempo de lavado**

La duración del lavado depende de las especificaciones de la solución limpiadora y los protocolos de cada institución médica, por lo general el tiempo mínimo para que se efectué la limpieza es de 15 minutos.

➤ **Temperatura**

La temperatura propuesta para el proceso de lavado es de 35 grados centígrados, por tratarse de utensilios médico hospitalario, los residuos de sangre pueden adherirse más cuando se exponen sobre 40 grados centígrados.

➤ **Solución limpiadora**

Soluciones limpiadoras ultrasónicas son esenciales para conseguir los resultados deseados, es necesario aplicar un producto químico, con ello aumenta considerablemente la eficacia del ultrasonido.

(Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, s.f.)

Existen varias marcas de soluciones limpiadores para esta aplicación, las más usadas son los detergentes enzimáticos y sustancias de desinfección, Según sea los requerimientos sugerimos la siguiente tabla de fabricantes.

Fabricante	Nombre	Tiempo/min	Limpi./Desinf	Composición	Acción
ZHERMACK S.p.A.	zeta 1 ultra	15	Limpieza Desinfección DAN	100 g de Zeta 1 Ultra contienen 18 g di 3-aminopropil-dodecil-1,3-propandiamina, 15 g de alquil-bencil-dimetil amonio cloruro, tensioactivos no iónicos, agentes inhibidores de corrosión, aditivos, coadyuvantes	Bactericida, fungicida (incluidas Cándida albicans y Aspergillus niger), microbactericida (incluso tuberculicida), virucida (H1N1, H5N1). Actividad virucida probada según la norma EN14476.
B-BRAUN	STABIMED	15	Desinfección DAN	Cada 100 g de solución contiene: Cocopropilendiamina 20 g, tensioactivos, disolventes, agentes de complejación, inhibidores de corrosión, perfume, colorante y excipientes	Bactericida, tuberculicida, fungicida e inactivador de virus (incluidos VHB, VHC y VIH)
	HELIZYME	--	Limpieza DNI	Cada 100 g contiene: <5% de tensión. Anicónicos, <5% de tensión. Noanionicos y enzimas, sales acidas orgánicas, disolventes, agentes dispersantes, inhibidores de corrosión, excipientes y conservantes.	Disolvente que contengan proteínas y lípidos, limpieza de biopelículas.
JOHNSON & JOHNSON	CIDEZYME	--	Limpieza DNI	Proteasa Surfactantes: superficies difíciles, limpia lípidos y grasas	Rompe las proteínas como sangre, moco y heces con una mínima acción mecánica Su actividad proteolítica mejora el proceso de limpieza penetrando y removiendo toda la materia orgánica.
	CIDEZYME EXTRA	--	Limpieza DNI	Celulasa Lipasa Proteasa Amilasa	En el biofilme, reduciendo grasa Sobre grasas y materiales adiposos En las distintas proteínas Sobre los almidones.
EUFAR	BONZYME	--	Limpieza DNI	Enzimas activas: Proteasa, lipasa, amilasa. Tensioactivos y estabilizantes.	Es ideal para remover y degradar sangre, proteínas, desechos celulares, tejidos, secreciones respiratorias, mucosa, saliva, heces y cualquier tipo de material orgánico. Aspecto físico
	GLUTFAR PLUS HD	20	Desinfección DAN	Ingrediente activo: Glutaraldehído 2% Auxiliares de formulación: Agentes bufferizadores . Agentes antioxidantes y Fragancia limón.	Bactericida (Gram+ Gram-(pseudomonocida)) Fungicida(Hongos Levaduras Mohos) Esporicida (Con y sin envoltura lipídica) Tuberculicida (Microbacterias) Virucida

TABLA 1. CUADRO DE FABRICANTES DE SOLUCIÓN LIMPIADORAS.

Los autores (2017)

2.3.- Instrucciones y recomendaciones para poner en marcha el equipo.

- Este equipo de limpieza por ultrasonido está previsto exclusivamente para aplicar el ultrasonido a líquido y objetos, no sirve para limpiar seres vivos ni plantas.
- El equipo solo debe ser manejado por personal instruido y teniendo en cuenta este manual.
- La descarga de agua debe conectarse al proceso de tratamiento de aguas residuales.
- Terminado el proceso de lavado y realizado la descarga de agua, limpiar los residuos del tanque con una gasa esterilizada.
- Por seguridad contra descarga eléctrica el equipo debe ser conectado a una toma de energía eléctrica con conexión a tierra.
- Revise los datos técnicos de placa al costado del equipo, estos deben coincidir con la tensión de energía y consumo.
- Mantenga la unidad apagada el switch en posición OFF durante el llenado de agua.
- Coloque el equipo sobre un soporte seco y estable, procure dar ventilación suficiente.
- Vacíe el líquido del equipo cuando este sucio o cuando no use el aparato durante un periodo prolongado.
- Elegir el detergente apropiado para baños ultrasónicos, Por ningún motivo se puede usar líquidos inflamables o solventes.
- Todo el utensilio debe estar completamente sumergidos en el tanque de lavado.
- Encender el equipo cuando el tanque este lleno de agua con los utensilios hasta el nivel indicado.

- Para efectuar tareas de reparación o mantenimiento en el equipo consultar con el servicio técnico.
- Debe evitarse la concentración de suciedad en la cubeta de ultrasonidos, cambiando periódicamente la solución jabonosa en cada proceso.
- Inspeccione los utensilios luego de cada lavada, si encontrara visualmente que no están limpio, revise indicaciones del líquido limpiador o llamar a mantenimiento para validar elementos críticos.
- Mantenimientos se lo debe realizar cada seis meses en especial el sistema de drenaje.

No respetar los puntos antes expuestos previamente puede causar daño al equipo.

2.4.- Instrucciones para el funcionamiento.

Paso Uno: Conecte el equipo a la toma de 120 VCA, sin encenderlo.

Paso Dos: Llene el tanque de agua calculando no llegar al rebose, después que se ingresa la canastilla con los utensilios, este llegue al nivel indicado y no se pierda liquido por el rebose.

Paso Tres: Agregue solución limpiadora con la cantidad requerida según indicaciones del proveedor de este.

Paso Cuatro: Ingrese canastilla con la carga de los utensilios a lavar y mueva despacio de arriba hacia abajo para mezclar la solución limpiadora.

Paso Cinco: Encienda el switch y póngalo en modo **ON**.

El switch está localizado a lado derecho como se muestra la imagen siguiente.



FIGURA 5. UBICACIÓN DEL SWITCH DE ENCENDIDO

Los autores (2017)

El display mostrará una leyenda de bienvenida y de inmediato da lugar al menú de inicio para funciones del equipo.



FIGURA 6. DISPLAY CON MENÚ DE BIENVENIDA

Los autores (2017)

La pantalla muestra dos opciones, **A** para INICIAR LIMPIEZA y **B** para DRENAJE, este último activa la electroválvula para drenar el agua si fuera el caso.

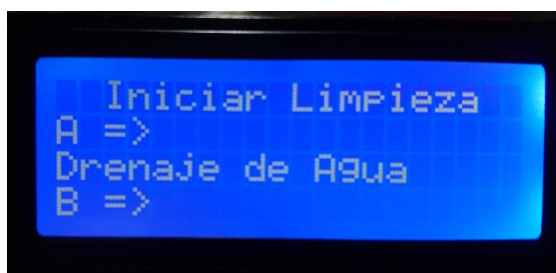


FIGURA 7. DISPLAY CON MENÚ DE INICIO

Los autores (2017)

Paso Seis: Por medio del teclado debe elegir la tecla **A** para continuar y observar el siguiente menú que se muestra la figura de abajo.



FIGURA 8. DISPLAY CON MENÚ DE TIEMPOS

Los autores (2017)

Paso Siete: El menú muestra los tiempos de lavado, debe optar por un tiempo y pulsar cualquiera de las tres opciones.

1 para 15 minutos

2 para 20 minutos

3 para 25 minutos



FIGURA 9. DISPLAY CON MENÚ DE TIEMPO SELECCIONADO

Los autores (2017)

Una vez elegido el tiempo la pantalla muestra el siguiente menú con dos opciones más.

C Para ir hacia atrás si desea corregir el tiempo anterior seleccionado.

D Para dar inicio a la limpieza.

Se pulsa la tecla **D** para dar paso al lavado y la pantalla mostrara el tiempo que transcurre y la temperatura del agua.

El menú siguiente muestra tiempo y temperatura.

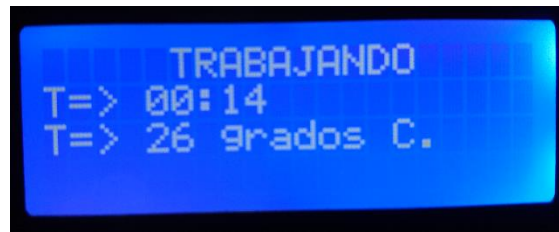


FIGURA 10. DISPLAY CON MENÚ DE TIEMPOS

Los autores (2017)

Paso Ocho: Una vez terminado el tiempo del lavado se dará paso al desfogue del líquido y la pantalla mostrará el siguiente menú.



FIGURA 11. DISPLAY CON MENÚ DE TIEMPOS

Los autores (2017)

Paso Nueve: Mientras descarga el agua del tanque, el equipo está listo para que el operador pueda retirar la canastilla con los utensilios lavados.

Y una vez terminado la descarga del agua mostrara el siguiente menú para dar inicio al nuevo proceso de lavado.



FIGURA 12. DISPLAY CON MENÚ DE INICIO

Los autores (2017)

MANTENIMIENTO

El mantenimiento se debe realizar a este equipo con el fin de prevenir fallas, la máquina debe recibir un mantenimiento periódicamente para garantizar el lavado al nivel deseado.

3.1.- Características técnicas

Se describen las características o aspectos técnicos para su consideración para su mantenimiento.

3.1.1.- Mecánicas

- **Material del tanque:** Acero inoxidable 316.
- **Capacidad del tanque:** 12 litros.
- **Dimensiones medias del Tanque:** 47 x 26 x 10 cm (Ancho x largo x alto).
- **Material de carcaza:** Acero inoxidable 316.
- **Dimensiones de carcaza:** 53.3 x 40 x 32.7 cm (Ancho x largo x alto).
- **Peso:** 25 Kg.

3.1.2.- Eléctricos

- **Alimentación:** 120 VCA.
- **Frecuencia:** 60Hz
- **Potencia eléctrica:** 0.9 Kw.

3.1.3.- Electrónicas

- **Control electrónico:** Placa Texas instruments TK-TM4C1294XL.
- **Extractor:** 12 x 12 x 3.8 cm a 110 VCA – 0.12 Amp.
- **Electroválvula:** De bronce de ¼” 120 VCA NC.
- **Toma:** Conector IEC para montaje en chasis de 250 V – 10A.
- **Protección:** Porta fusible para chasis enroscable de 1 polo.
- **Switch general:** Basculante de 10 A - 250 V DPST ON-OFF – Tecla roja I/O
- **Pantalla:** LCD 4 x 20 caracteres fondo de color verde.
- **Teclado:** Matricial 4 x 4 de 16 teclas.
- **Tarjeta de potencia:** 5 unidades de 100W – 40KHz.
- **Tarjeta base de control:** Placa interfaz integra conexión display, teclado, Sensor LM-35, control potencia con triad, relé de 12VDC y fuente de alimentación 120VAC a 12VDC – 1.7Amp.

3.1.4.- Calefacción

- **Temperatura máxima:** 35 grados centígrados.
- **Resistencias de calentamiento:** Tipo silicona de 100W a 120 VCA.
- **Cantidad:** 8 unidades.
- **Potencia total:** 800 vatios.

3.1.5.- Ultrasonidos

- **Frecuencia:** 40KHz.
- **Transductor:** Piezoeléctrico BJC-4050T-45HS (PTZ-4), 50W – 40 KHz.
- **Potencia de ultrasonidos:** 500W.

3.2.- Practicas de mantenimiento seguro.

Las lavadoras ultrasónicas son equipos electrónicos complejos, esta parte del manual se destina únicamente para técnicos con suficiente experiencia en electrónica. Toda intención de reparar o dar mantenimiento preventivo a este equipo sin conocimientos electrónico puede resultar lesionado. Los autores de este manual no se hacen responsable por la interpretación del mismo, ni puede asumir ninguna obligación en relación con su uso.

- Antes de reparar o dar mantenimiento, siempre desconecte el equipo de su fuente de energía eléctrica.
- Si una prueba requiere de conexión del equipo para tomar medidas de voltaje, amperaje y frecuencia, solo hágalo durante la prueba así lo requiera. Durante la toma de lectura, asegúrese que no haya partes conductoras de la maquina donde pueda sufrir descarga eléctrica.
- Nunca infiera o evada el funcionamiento adecuado del equipo, características de piezas diseñados para el mismo.
- Si se requiere el cambio de algún componente averiado, este debe ser reemplazado por uno de la misma característica o su equivalente como especifique el fabricante.
- Antes de dar mantenimiento o reparación al equipo revise su manual de servicio.
- Utilice las herramientas y materiales adecuados, estos son fabricados para cumplir un propósito específico. (Manual de Desinfección y Esterilización Hospitalaria , 2002)

3.3.- Partes eléctricas importantes del equipo.

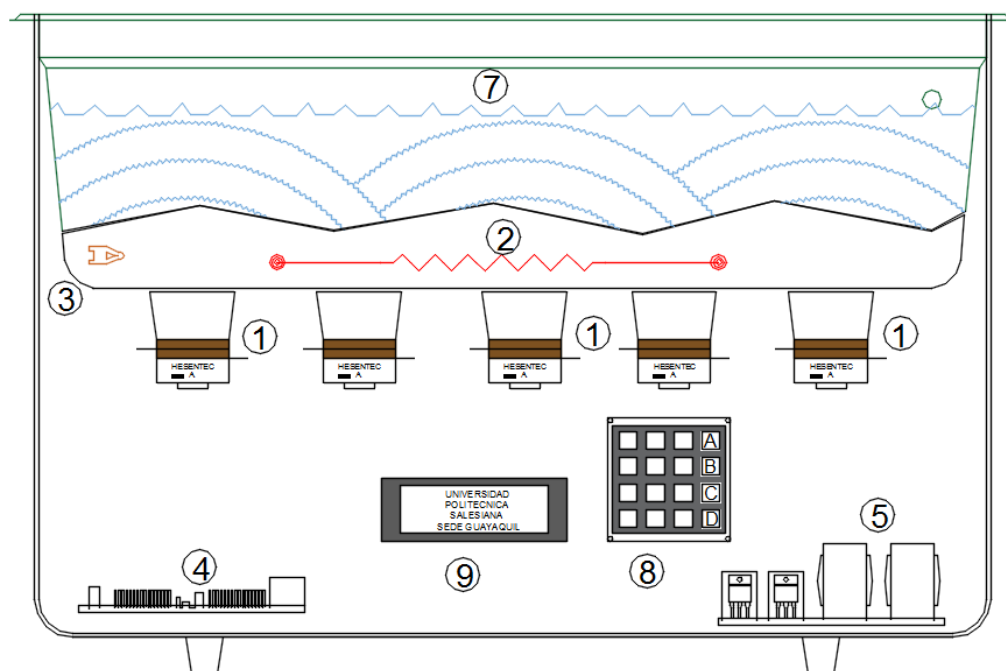


FIGURA 13. REPRESENTACIÓN DE ELEMENTOS DEL EQUIPO PARTE FRONTAL

Los autores (2017)

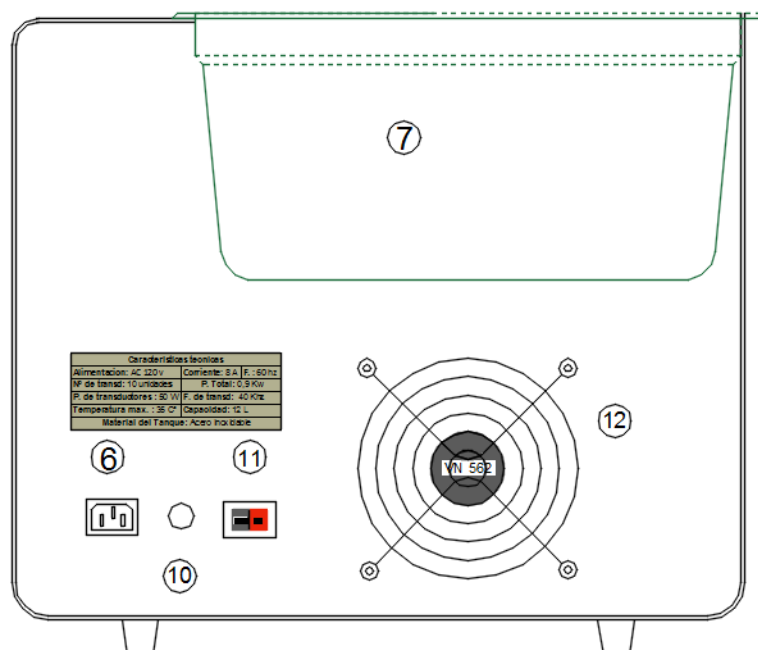


FIGURA 14. REPRESENTACIÓN DE ELEMENTOS DEL EQUIPO PARTE LATERAL

Los autores (2017)

A continuación, se mencionan las partes eléctricas del equipo.

- 1 Transductor piezoeléctrico
- 2 Resistencia de siliconas
- 3 Sensor de temperatura
- 4 Tarjeta de control
- 5 Tarjeta de generadora de frecuencia
- 6 Conector para cable de poder
- 7 Tanque
- 8 Teclado
- 9 Pantalla LCD
- 10 Porta fusible
- 11 Switch de encendido
- 12 Extractor

3.4.- Desmontaje del equipo

Para desmontar la unidad esta debe estar apoyada en una mesa con suficiente espacio hacia delante porque se tiene que virar la unidad hacia tras de tal manera que la parte frontal donde se encuentren el teclado como la pantalla quede hacia arriba y la parte inferior quede de frente.



FIGURA 15. LAVADORA EN POSICIÓN PARA DESMONTAR TAPA

Los autores (2017)

Una vez puesto el equipo en esta posición se procede a retirar la única tapa que está sujeta con 4 tornillos, una vez flojo los tornillos apoyar la tapa hacia la mesa con cuidado, en esta se apoyan placas electrónicas.



FIGURA 16. LAVADORA CON TAPA INFERIOR DESMONTADA.

Los autores (2017)

3.5.- Tarjeta generadora de frecuencia.

La tarjeta de potencia generadora de alta frecuencia en número de 5 para los 10 transductores son las que hacen posible que las señales eléctricas de frecuencias altas hagan funcionar a los transductores.

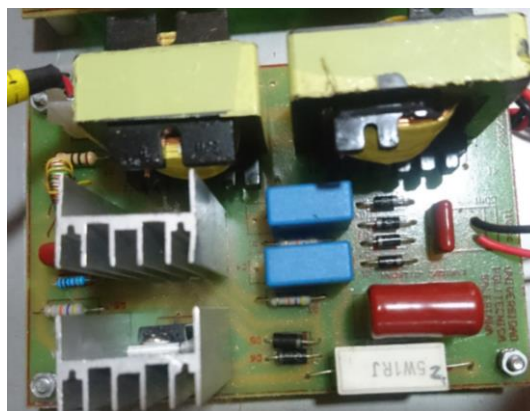


FIGURA 17. PLACA TARJETA GENERADORA DE FRECUENCIA

Los autores (2017)

3.6.- Tarjeta base de control.

En esta tarjeta se monta el controlador EK-TM4C1294XL, se ensamblan todos los circuitos de interface para que funcione el equipo, cuenta con borneras de salidas y portafusibles de protección para la electroválvula, el extractor y las 5 placas generadoras de alta frecuencia. Como piezas importantes tiene la fuente alimentación para montaje en PCBs, 3 relé de activación para los elementos antes mencionados, Un opto acoplador conectado a un triad para control de resistencias. También los conectores para el sensor de temperatura, display y teclado.

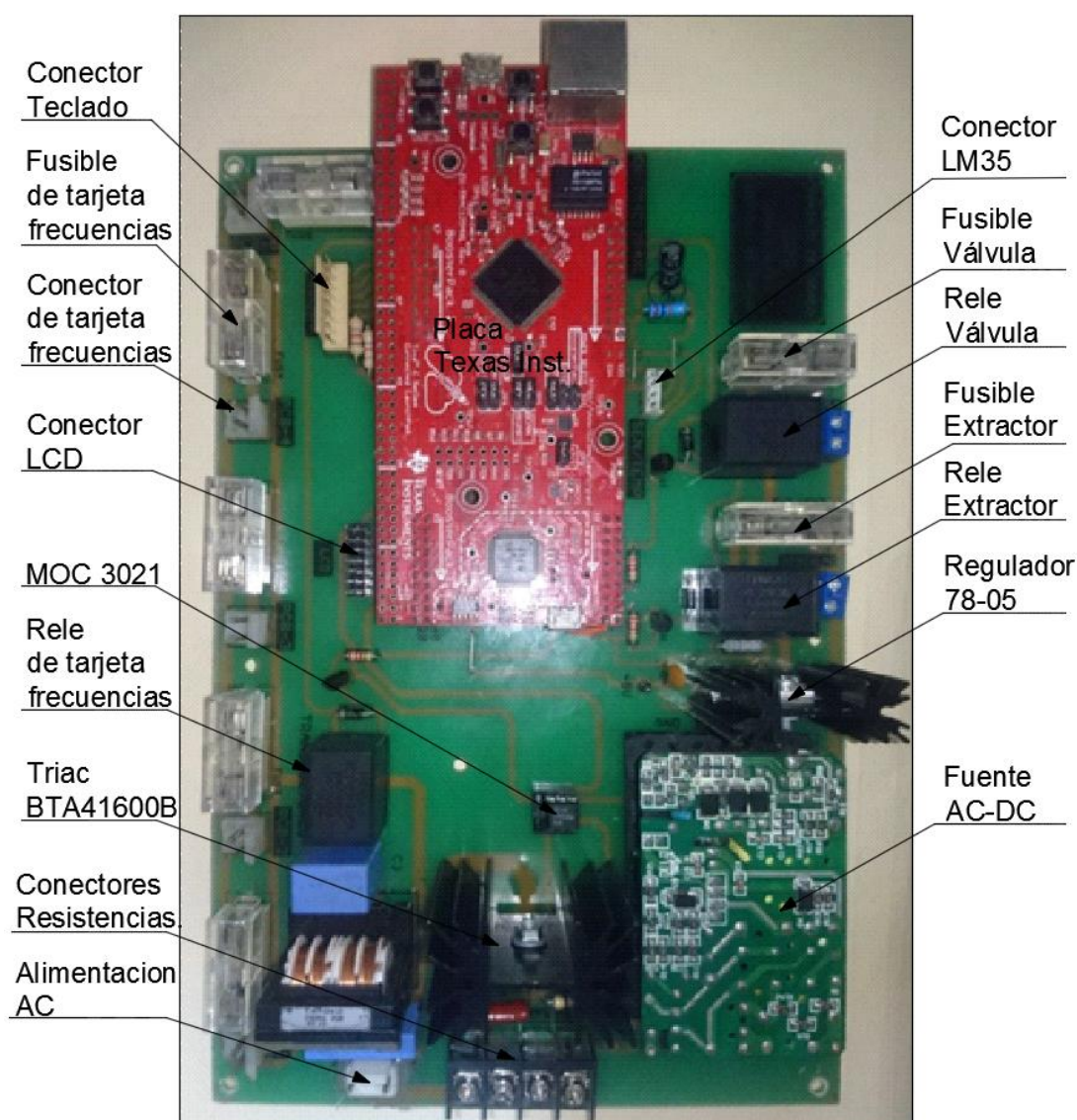


FIGURA 18. PLACA BASE DE CONTROL

Los autores (2017)

3.7.- Componentes de drenaje

Comprende la electroválvula boquillas de drenajes y rebose, que se aseguran al chasis del proyecto tenemos.

3.7.1.- Electroválvula

Se muestra electroválvula con ductos de drenaje, esta se activa después de cada lavada, esto requiere de inspección periódica.



FIGURA 19. ELECTROVÁLVULA

Los autores (2017)

3.7.2.- Boquillas de drenaje y rebose

La boquilla de rebose se encuentra en la parte posterior del tanque, si las uniones presentaran derrame se debe desmontar el tanque para poder aflojar o apretar.



FIGURA 20. BOQUILLA DE REBOSE

Los autores (2017)

La boquilla de drenaje ubicada en la parte inferior del tanque y conectada con la manguera de PVC y por ultimo a la electroválvula, requiere de revisiones contante porque en estos pudieren quedar residuos de material orgánico al término de cada lavada, se recomienda mantenimientos periódicos cada seis meses.



FIGURA 21. BOQUILLA SE DRENAJE.

Los autores (2017)

3.8.- Elementos críticos para la función de limpieza

Las resistencias de silicona y transductores piezoeléctricos son fundamentales para cumplir los parámetros del lavado.

Resistencias eléctricas de siliconas

El equipo consta de 8 resistencias de material silicón, estas se encuentran adheridas a los costados externos del tanque, son de la serie SRFG 304/10 de 115 V a 100W.

Las resistencias por su funcionamiento a temperaturas elevadas, tienden a dañarse, para el reemplazo se tiene que desconectar los terminales de alimentación y luego despegarse del tanque, se debe cambiar por similares características.

En siguiente figura se muestra la resistencia de silicona con el pegamento adherente al tanque de material de acero inoxidable.



FIGURA 22. RESISTENCIA DE SILICONA.

Los autores (2017)

Transductores piezoeléctricos

El equipo consta de 10 transductores adheridos por la parte inferior externa del tanque. Son de la serie BJC-4050T-45HS (PZT-4) de 50W a 40KHZ.

El trabajo para cambiar un transductor es un poco complicado ya que se encuentran pegados con una silicona de adhesión fuerte, con una espátula procure despegar el elemento con mucha precaución, puede dañar los elementos que están a su alrededor.



FIGURA 23. UBICACIÓN DE TRANSDUCTORES.

Los autores (2017)

3.8.- Componentes externos

Como componentes externos consideramos los que se pueden observar sin destapar el equipo.

Conector de entrada Ac, Fusible, switch y extractor

Los elementos como el conector para el cable poder, porta fusible, switch ON-OFF y el extractor de aire se encuentra en la parte lateral izquierda. El fusible tipo cartucho de vidrio es de 10 amperio.



FIGURA 24. VISTA DE COMPONENTES EXTERNOS

Los autores (2017)



FIGURA 25. VISTA DE ELEMENTOS DESDE LA PARTE INTERIOR

Los autores (2017)

Pantalla LCD y teclado

También por la parte frontal encontramos la pantalla LCD y el teclado, estos se sujetan por medio de tornillos. Tener especial cuidado con la pantalla LCD, este tiene aisladores en sus tornillos que se agarran al chasis, el negativo de la placa del LCD no puede tener contacto con chasis, esto crea interferencia porque se está conectando el negativo del voltaje directo con la tierra del sistema eléctrico.



FIGURA 26. PANTALLA LCD Y TECLADO VISTA EXTERIOR

Los autores (2017)

La figura siguiente muestra el teclado y pantalla LCD desde el interior del equipo.

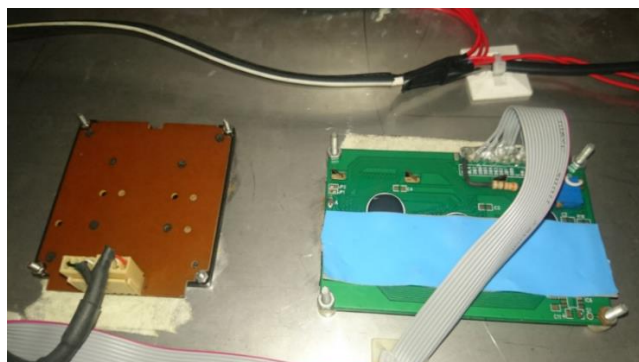


FIGURA 27. TECLADO Y PANTALLA LCD VISTA INTERIOR

Los autores (2017)

3.9.- Dimensiones del tanque.

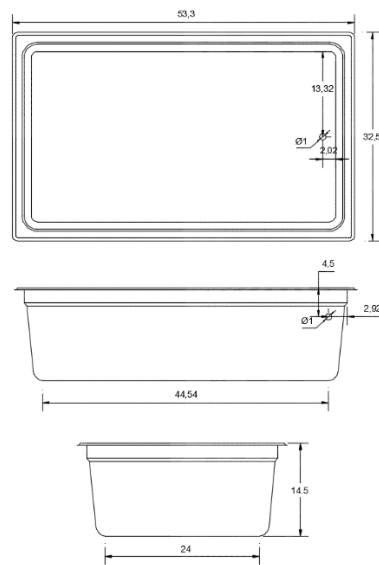


FIGURA 28. VISTAS DEL TANQUE

LOS AUTORES (2017)

3.10.- Dimensiones de carcaza.

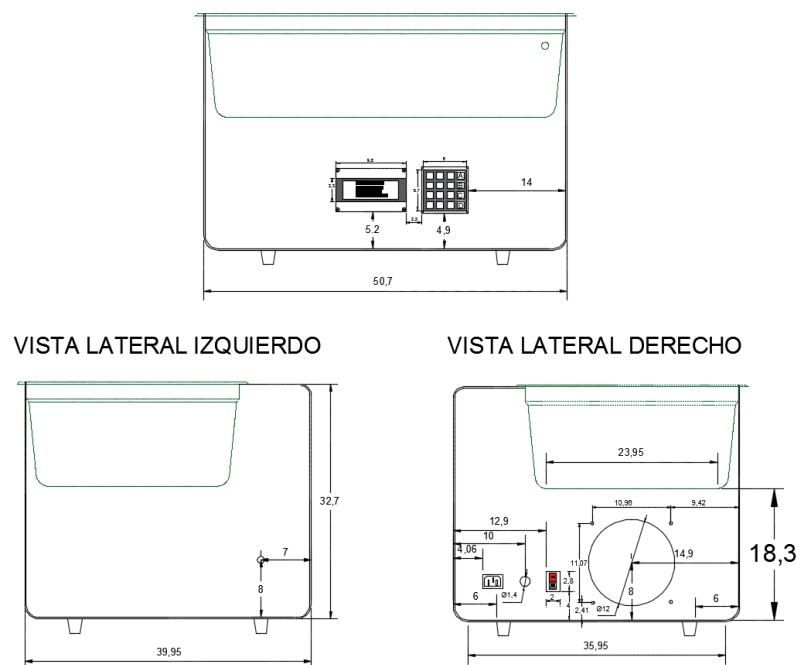


FIGURA 29. VISTAS DE CARCAZA

LOS AUTORES (2017)

3.11.- Diagrama de bloque.

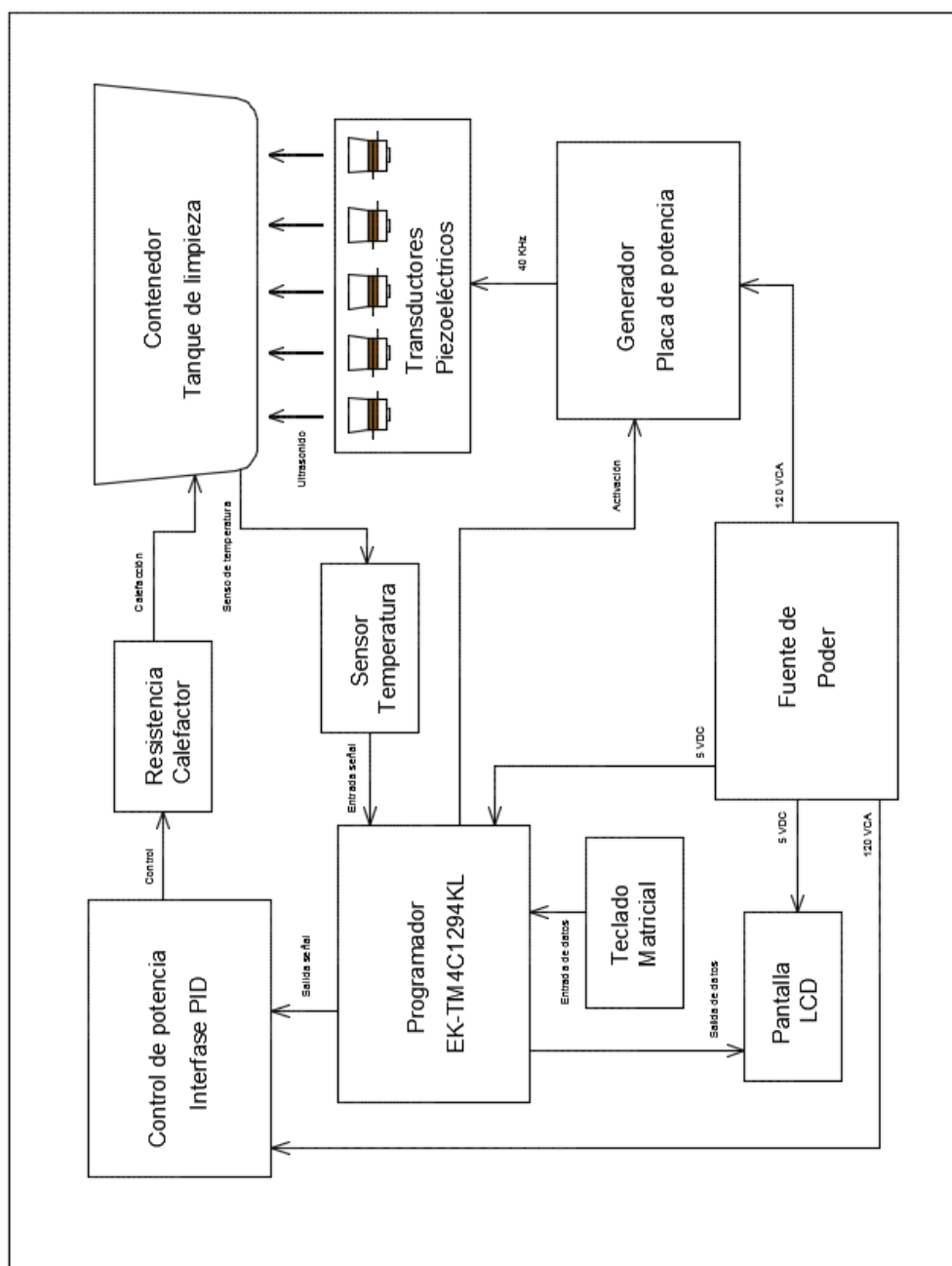


FIGURA 30. DIAGRAMA DE BLOQUE

Los autores (2017)

Elaborado:

Jhonny Javier Núñez Heredia

Enrique Ceverino Villamar Martínez

Bibliografía

- Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco. (s.f.). Obtenido de http://extranet.hospitalcruces.com/doc/adjuntos/Guia_Gestion%20Esterilizacion%20sakidetza.pdf
- Dr. Nelson Vásquez Zárate, D. S. (s.f.). *Manual de normas de bioseguridad para la red de servicios de salud en el Ecuador*. Obtenido de www.msp.gob.ec:
<https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/documentosDirecciones/dnn/archivos/LIBRO%20DESECHOS%20FINAL.pdf>
- Magaly Pedrique de Aulacio, M. d. (2008). <http://www.ucv.ve>. Obtenido de http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/08_Tema_14_Limpieza__desinfecci%C3%B3n.pdf
- Manual de Desinfección y Esterilización Hospitalaria . (10 de 09 de 2002). Obtenido de <ftp://ftp2.minsa.gob.pe/normaslegales/2002/RM1472-2002.pdf>

Anexo B

Muestra de registro temperatura de medición por Fluke 289.

Formulario de muestra de registro (corto)

Rev. 2.0

Propósito de la prueba:



Hora de inicio	15/07/2017 18:23:17
Hora de terminación	15/07/2017 18:38:17
Tiempo transcurrido	0:15:00
Intervalo	0:01:00
Lecturas (Todos, Intervalos, Eventos)	17 / 15 / 3
Configuración del registro	Configuración al transferir: 4%
Nombre de la sesión	Save 13

Número de serie FLUKE 289 V1.16 14810010
Fecha transf. de datos 06/08/2017 16:39:19
Fecha últ. modificación:

	Tiempo máx.	Máx	Promedio	Mín	Tiempo mín.	Cambio
	18:38:16	38,2 °C	32,1 °C	27,8 °C	18:24:02	(ninguna)

Operario: nombre
Palabras claves:

Gráfico del suceso de FlukeView

Mostrar los datos: Todas Vista gráfica: Todos

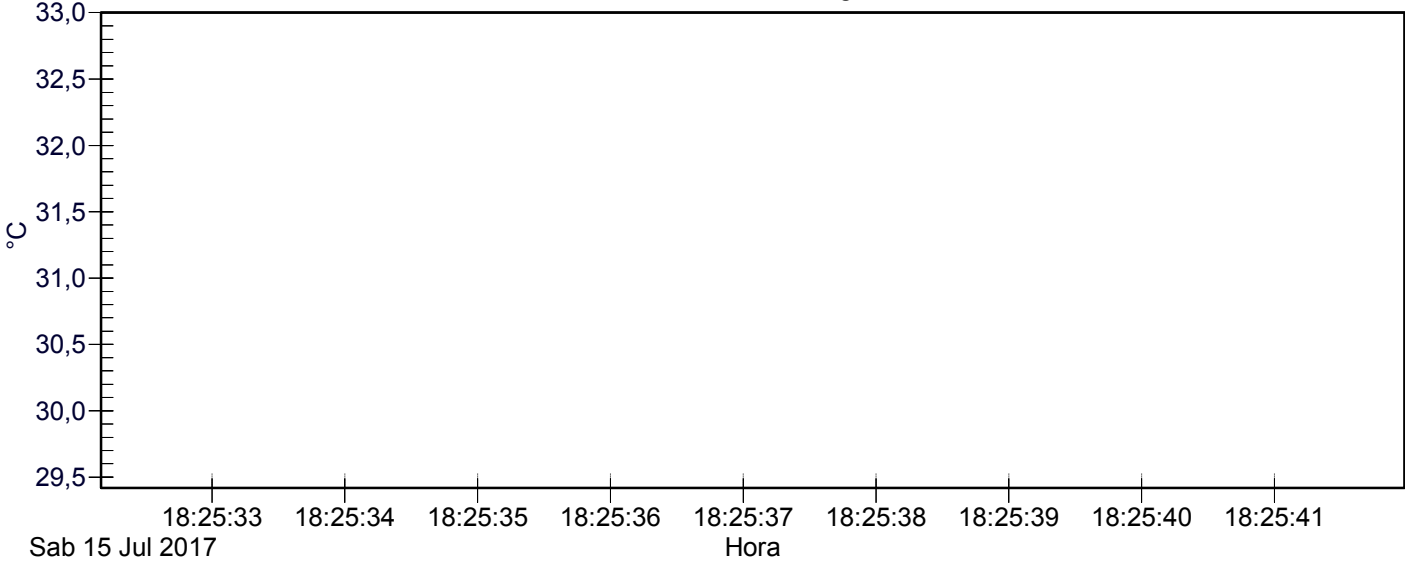


Tabla de las lecturas registradas

T	Muestra	Hora de inicio	Duración	Tiempo máx.	Máx	Promedio	Tiempo mín.	Mín	Descripción	Hor
1	27,9 °C	18:23:17	0:01:00,2	18:24:16	28,1 °C	27,9 °C	18:24:02	27,8 °C	Intervalo	18:2
2	27,9 °C	18:24:17	0:00:59,8	18:24:35	28,5 °C	28,1 °C	18:24:17	27,9 °C	Intervalo	18:2
3	28,0 °C	18:25:17	0:01:00,1	18:26:16	28,9 °C	28,3 °C	18:25:18	27,9 °C	Intervalo	18:2
4	28,9 °C	18:26:17	0:01:00,2	18:27:12	29,2 °C	28,9 °C	18:26:25	28,6 °C	Intervalo	18:2
5	29,2 °C	18:27:17	0:00:59,8	18:28:06	30,0 °C	29,6 °C	18:27:17	29,2 °C	Intervalo	18:2
6	29,7 °C	18:28:17	0:01:00,1	18:29:05	30,5 °C	30,2 °C	18:28:17	29,7 °C	Intervalo	18:2
7	30,4 °C	18:29:17	0:01:00,1	18:30:10	31,3 °C	30,6 °C	18:29:45	29,7 °C	Intervalo	18:3
8	30,0 °C	18:30:17	0:00:05,7	18:30:23	31,0 °C	30,1 °C	18:30:18	29,7 °C	Estable	18:3
9	31,1 °C	18:30:23	0:00:54,0	18:31:03	32,3 °C	31,7 °C	18:30:29	30,4 °C	Intervalo	18:3
10	32,1 °C	18:31:17	0:01:00,2	18:32:14	33,1 °C	32,5 °C	18:32:00	31,8 °C	Intervalo	18:3
11	33,2 °C	18:32:17	0:01:00,2	18:33:11	33,9 °C	33,4 °C	18:32:22	33,0 °C	Intervalo	18:3
12	33,8 °C	18:33:17	0:00:59,8	18:34:16	35,1 °C	34,5 °C	18:33:20	33,6 °C	Intervalo	18:3

Comentarios

Anexos C

Hoja de datos de elementos electrónicos:

- C-1 EK-TM4C1294XL
- C-2 TRANSDUCTOR - BJC-4050T-45HS (PZT-4)
- C-3 DISPLAY
- C-4 TECLADO MATRICIAL 4X4
- C-5 RESISTENCIA SILICONA SRFG-304
- C-6 VÁLVULA SOLENOIDE 2W-365-30-AC110V

Anexo C-1

EK-TM4C1294XL

Tiva™ C Series TM4C1294 Connected LaunchPad Evaluation Kit

EK-TM4C1294XL

User's Guide



Literature Number: SPMU365C
March 2014–Revised October 2016

Board Overview

The Tiva™ C Series TM4C1294 Connected LaunchPad Evaluation Board (EK-TM4C1294XL) is a low-cost evaluation platform for ARM® Cortex™-M4F-based microcontrollers. The Connected LaunchPad design highlights the TM4C1294NCPDT microcontroller with its on-chip 10/100 Ethernet MAC and PHY, USB 2.0, hibernation module, motion control pulse-width modulation and a multitude of simultaneous serial connectivity. The Connected LaunchPad also features two user switches, four user LEDs, dedicated reset and wake switches, a breadboard expansion option and two independent BoosterPack XL expansion connectors. The pre-programmed quickstart application on the Connected LaunchPad also enables remote monitoring and control of the evaluation board from an internet browser anywhere in the world. The web interface is provided by 3rd party, Exosite. Each Connected LaunchPad is enabled on the Exosite platform allowing users to create and customize their own Internet-of-Things applications.

Figure 1-1 shows a photo of the Connected LaunchPad with key features highlighted.

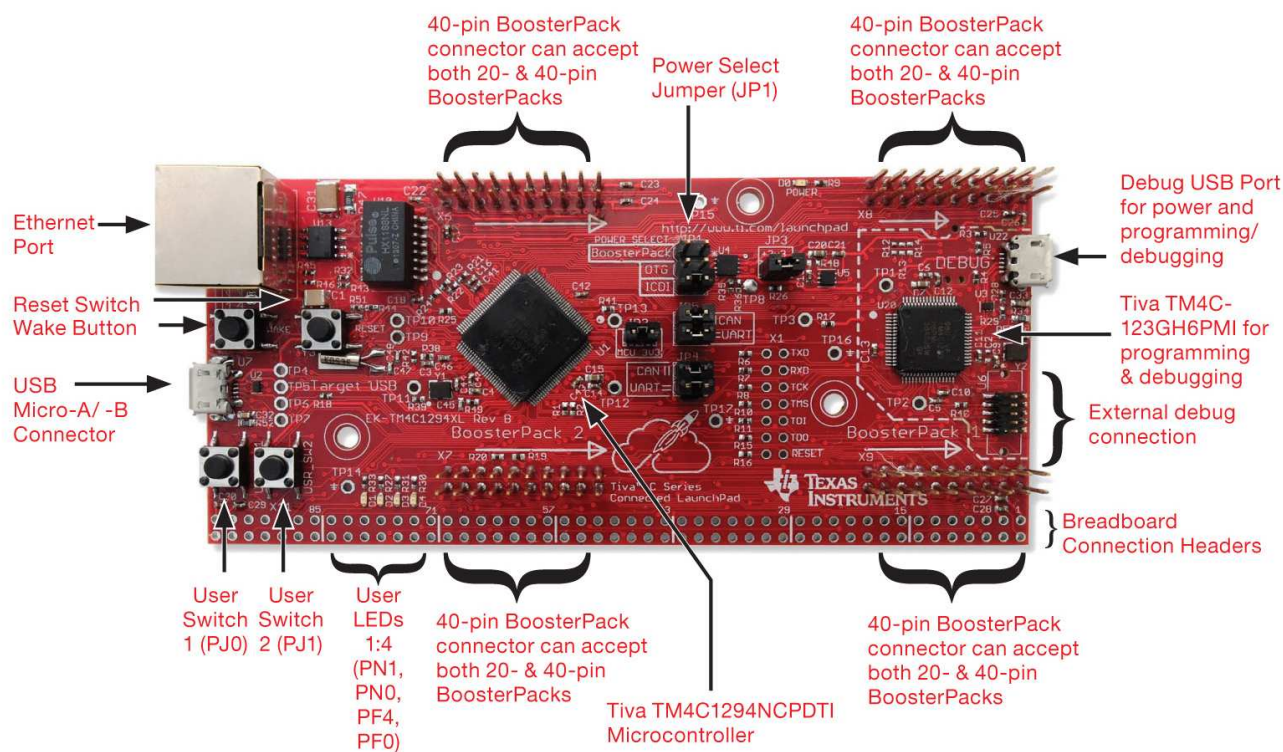


Figure 1-1. Tiva C Series Connected LaunchPad Evaluation Board

Tiva is a trademark of Texas Instruments.
All other trademarks are the property of their respective owners.

1.1 Kit Contents

The Connected LaunchPad Evaluation Kit contains the following items:

- Tiva™ C Series TM4C1294 Evaluation Board (EK-TM4C1294XL)
- Retractable Ethernet cable
- USB Micro-B plug to USB-A plug cable
- [README First](#) document

1.2 Using the Connected LaunchPad

The recommended steps for using the Connected LaunchPad Evaluation Kit are:

1. **Follow the README First document included in the kit.** The README First helps you get the Connected LaunchPad up and running in minutes. Within just a few minutes you can be controlling and monitoring the Connected LaunchPad through the internet using Exosite and the pre-programmed quickstart application.
2. **Experiment with BoosterPacks.** This evaluation kit conforms to the latest revision of the BoosterPack pinout standard. It has two independent BoosterPack connections to enable a multitude of expansion opportunities.
3. **Take the first step towards developing your own applications.** The Connected LaunchPad is supported by TivaWare for C Series. After installing TivaWare, look in the installation directory for *examples\boards\ek-tm4c1294xl*. You can find pre-configured example applications for this board as well as for this board with selected BoosterPacks. Alternately, use Energia for a wiring framework-based cross-platform, fast-prototyping environment that works with this and other TI LaunchPads. See [Chapter 3](#) of this document for more details about software development. TivaWare can be downloaded from the TI website at <http://www.ti.com/tool/sw-tm4c>. Energia can be found at <http://energia.nu>.
4. **Customize and integrate the hardware to suit your end application.** This evaluation kit can be used as a reference for building your own custom circuits based on Tiva C microcontrollers or as a foundation for expansion with your custom BoosterPack or other circuit. This manual can serve as a starting point for this endeavor.
5. **Get Trained.** You can also download hours of written and video training materials on this and related LaunchPads. Visit the Tiva C Series LaunchPad Workshop Wiki for more information.
6. **More Resources.** See the TI MCU LaunchPad web page for more information and available BoosterPacks. (<http://www.ti.com/tiva-c-launchpad>)

1.3 Features

Your Connected LaunchPad includes the following features:

- Tiva TM4C1294NCPDTI microcontroller
- Ethernet connectivity with fully integrated 10/100 Ethernet MAC and PHY Motion Control PWM
- USB 2.0 Micro A/B connector
- 4 user LEDs
- 2 user buttons
- 1 independent hibernate wake switch
- 1 independent microcontroller reset switch
- Jumper for selecting power source:
 - ICDI USB
 - USB Device
 - BoosterPack
- Preloaded Internet-of-Things Exosite quickstart application
- I/O brought to board edge for breadboard expansion
- Two independent BoosterPack XL standard connectors featuring stackable headers to maximize expansion through BoosterPack ecosystem

- For a complete list of BoosterPacks, see the TI MCU LaunchPad web page:
<http://www.ti.com/launchpad>

1.4 BoosterPacks

The Connected LaunchPad provides an easy and inexpensive way to develop applications with the TM4C1294NCPDTI microcontroller. BoosterPacks are add-on boards that follow a pin-out standard created by Texas Instruments. The TI and third-party ecosystem of BoosterPacks greatly expands the peripherals and potential applications that you can easily explore with the Connected LaunchPad.

You can also build your own BoosterPack by following the design guidelines on TI's website. Texas Instruments even helps you promote your BoosterPack to other members of the community. TI offers a variety of avenues for you to reach potential customers with your solutions.

1.5 Energĭa

Energĭa is an open-source electronics prototyping platform started in January of 2012 with the goal of bringing the Wiring and Arduino framework to the TI LaunchPad community. Energĭa includes an integrated development environment (IDE) that is based on Processing.

Together with Energĭa, LaunchPads can be used to develop interactive objects, taking inputs from a variety of switches or sensors, and controlling a variety of lights, motors, and other physical outputs. LaunchPad projects can be stand-alone (only run on the target board, i.e. your LaunchPad), or they can communicate with software running on your computer (Host PC). Energĭa projects are highly portable between supported LaunchPad platforms. Projects written for your Connected LaunchPad can be run on other LaunchPads with little or no modifications.

More information is available at <http://energia.nu>.

1.6 Specifications

Table 1-1 summarizes the specifications for the Connected LaunchPad.

Table 1-1. EK-TM4C1294XL Specifications

Parameter	Value
Board Supply Voltage	4.75 V _{DC} to 5.25 V _{DC} from one of the following sources: <ul style="list-style-type: none"> • Debug USB U22 (ICDI) USB Micro-B cable connected to PC or other compatible power source. • Target USB (U7) USB Micro-B cable connected to PC or other compatible power source. • BoosterPack 1 (X8-4) • BoosterPack 2 (X6-4) • Breadboard expansion header (X11-2 or X11-97). See schematic symbol JP1 for power input selection.
Dimensions	4.9 in x 2.2 in x .425 in (12.45 cm x 5.59 cm x 10.8 mm) (L x W x H)
Break-out Power Output	<ul style="list-style-type: none"> • 5 V_{DC} to BoosterPacks, current limited by TPS2052B. Nominal rating 1 Amp. Board input power supply limitations may also apply. • 3.3 V_{DC} to BoosterPacks, limited by output of TPS73733 LDO. This 3.3-V plane is shared with on-board components. Total output power limit of TPS73733 is 1 Amp.
RoHS Status	Compliant

Hardware Description

The Connected LaunchPad includes a TM4C1294NCPDTI microcontroller with an integrated 10/100 Ethernet MAC and PHY. This advanced ARM® Cortex™ M4F MCU has a wide range of peripherals that are made available to users via the on-board accessories and the BoosterPack connectors. This chapter explains how those peripherals operate and interface to the microcontroller.

Figure 2-1 provides a high-level block diagram of the Connected LaunchPad.

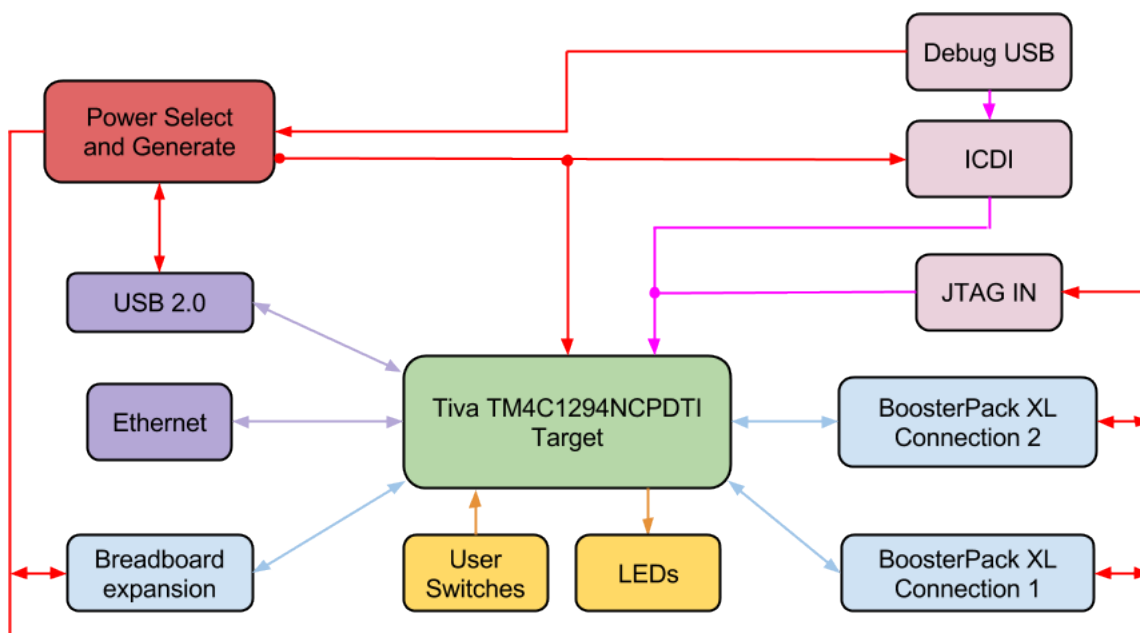


Figure 2-1. Tiva Connected LaunchPad Evaluation Board Block Diagram

2.1 Functional Description

2.1.1 Microcontroller

The TM4C1294NCPDTI is a 32-bit ARM Cortex-M4F based microcontroller with 1024-kB Flash memory, 256-kB SRAM, 6-kB EEPROM, and 120 MHz operation; integrated 10/100 Ethernet MAC and PHY; integrated USB 2.0 connectivity with external high-speed USB 3.0 PHY capability; a hibernation module, a multitude of serial connectivity and motion control PWM; as well as a wide range of other peripherals. See the TM4C1294NCPDTI microcontroller [data sheet](#) for more complete details.

Most of the microcontroller's signals are routed to 0.1-in (2.54-mm) pitch headers or through-hole solder pads. An internal multiplexor allows different peripheral functions to be assigned to each of these GPIO pads. When adding external circuitry, consider the additional load on the evaluation board power rails.

The TM4C1294NCPDTI microcontroller is factory-programmed with a quickstart demo program. The quickstart program resides in on-chip Flash memory and runs each time power is applied, unless the quickstart application has been replaced with a user program. The quickstart application automatically connects to <http://ti.exosite.com> when an internet connection is provided through the RJ45 Ethernet jack on the evaluation board.

2.1.2 Ethernet Connectivity

The Connected LaunchPad is designed to connect directly to an Ethernet network using RJ45 style connectors. The microcontroller contains a fully integrated Ethernet MAC and PHY. This integration creates a simple, elegant and cost-saving Ethernet circuit design. Example code is available for both the uIP and LwIP TCP/IP protocol stacks. The embedded Ethernet on this device can be programmed to act as an HTTP server, client or both. The design and integration of the circuit and microcontroller also enable users to synchronize events over the network using the IEEE1588 precision time protocol.

When configured for Ethernet operation, it is recommended that the user configure LED D3 and D4 to be controlled by the Ethernet MAC to indicate connection and transmit/receive status.

2.1.3 USB Connectivity

The Connected LaunchPad is designed to be USB 2.0 ready. A TPS2052B load switch is connected to and controlled by the microcontroller USB peripheral, which manages power to the USB micro A/B connector when functioning in a USB host. When functioning as a USB device, the entire Connected LaunchPad can be powered directly from the USB micro A/B connector. Use JP1 to select the desired power source.

USB 2.0 functionality is provided and supported directly out of the box with the target USB micro A/B connector. High-speed USB 3.0 functionality can be enabled by adding an external USB PHY. The USB external PHY control and data signals are provided on the breadboard expansion header X11.

2.1.4 Motion Control

The Connected LaunchPad includes the Tiva C Series Motion Control PWM technology, featuring a PWM module capable of generating eight PWM outputs. The PWM module provides a great deal of flexibility and can generate simple PWM signals – for example, those required by a simple charge pump – as well as paired PWM signals with dead-band delays, such as those required by a half-H bridge driver. Three generator blocks can also generate the full six channels of gate controls required by a 3-phase inverter bridge.

A quadrature encoder interface (QEI) is also available to provide motion control feedback.

See the [BoosterPacks and Headers](#) section of this document for details about the availability of these signals on the BoosterPack interfaces.

2.1.5 User Switches and LED's

Two user switches are provided for input and control of the TM4C1294NCPDTI software. The switches are connected to GPIO pins PJ0 and PJ1.

A reset switch and a wake switch are also provided. The reset switch initiates a system reset of the microcontroller whenever it is pressed and released. Pressing the reset switch also asserts the reset signal to the BoosterPack and Breadboard headers. The wake switch is one way to bring the device out of hibernate mode.

Four user LEDs are provided on the board. D1 and D2 are connected to GPIOs PN1 and PN0. These LEDs are dedicated for use by the software application. D3 and D4 are connected to GPIOs PF4 and PF0, which can be controlled by user's software or the integrated Ethernet module of the microcontroller.

A power LED is also provided to indicate that 3.3 volt power is present on the board.

2.1.6 BoosterPacks and Headers

2.1.6.1 BoosterPack 1

The Connected LaunchPad features two fully independent BoosterPack XL connectors. BoosterPack 1, located around the ICDI portion of the board, is fully compliant with the BoosterPack standard with the single exception of GPIO pin PA6 (X8-16), which does not provide analog capability. PA6 is located near the bottom of the inner left BoosterPack XL header.

I2C is provided in both the original BoosterPack standard configuration as well as the updated standard location. Use of I2C on the bottom left of the BoosterPack connections per the updated standard is highly encouraged whenever possible.

Motion control advanced PWM connections are provided on the inner right connector for motion control applications.

[Table 2-1](#) provides a complete listing of the BoosterPack pins and the GPIO alternate functions available on each pin. The TM4C1294NCPDTI GPIO register GPIOCTL values are shown for each configuration. The headers in this table are labeled from left to right in ten pin columns. 'A' and 'D' make up the outer BoosterPack standard pins, 'B' and 'C' make up the inner BoosterPack XL standard pins.

Table 2-1. BoosterPack 1 GPIO and Signal Muxing

Header	Pin	Standard Function	GPIO	MCU Pin	Analog	Digital Function (GPIOCTL Bit Encoding)										
						1	2	3	5	6	7	8	11	13	14	15
A1	1	+3.3 volts	3.3V													
A1	2	Analog	PE4	123	AIN9	U1RI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SSI1XDAT0
A1	3	UART RX	PC4	25	C1-	U7Rx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EPI0S7
A1	4	UART TX	PC5	24	C1+	U7Tx	-	-	-	-	RTCCLK	-	-	-	-	EPI0S6
A1	5	GPIO	PC6	23	C0+	U5Rx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EPI0S5
A1	6	Analog	PE5	124	AIN8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SSI1XDAT1
A1	7	SPI CLK	PD3	4	AIN12	-	I2C8SDA	T1CCP1	-	-	-	-	-	-	-	SSI2CLK
A1	8	GPIO	PC7	22	C0-	U5Tx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	EPI0S4
A1	9	I2C SCL	PB2	91	-	-	I2C0SCL	T5CCP0	-	-	-	-	-	-	USB0STP	EPI0S27
A1	10	I2C SDA	PB3	92	-	-	I2C0SDA	T5CCP1	-	-	-	-	-	-	USB0CLK	EPI0S28
B1	1	+5 volts	5V													
B1	2	ground	GND													
B1	3	Analog	PE0	15	AIN3	U1RTS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	4	Analog	PE1	14	AIN2	U1DSR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	5	Analog	PE2	13	AIN1	U1DCD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	6	Analog	PE3	12	AIN0	U1DTR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	7	Analog	PD7	128	AIN4	U2CTS	-	T4CCP1	USB0PFLT	-	-	NMI	-	-	-	SSI2XDAT2
B1	8	Analog	PA6	40	-	U2Rx	I2C6SCL	T3CCP0	USB0EPEN	-	-	-	-	SSI0XDAT2	-	EPI0S8
B1	9	A out	PM4	74	TMPR3	U0CTS	-	T4CCP0	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	10	A out	PM5	73	TMPR2	U0DCD	-	T4CCP1	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2 Component Locations

Figure 4-1 is a dimensioned drawing of the Connected LaunchPad. This figure shows the location of selected features of the board as well as the component locations.

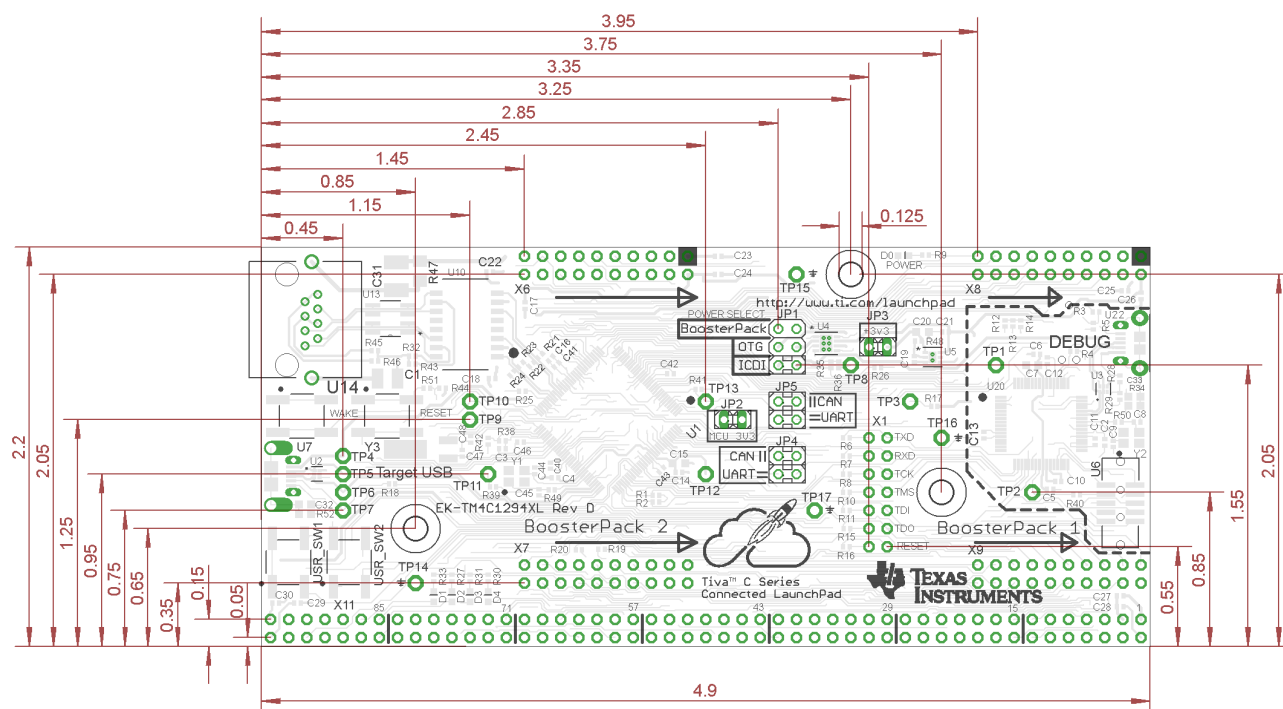


Figure 4-1. Connected LaunchPad Dimensions and Component Locations

Anexo C-2

TRANSDUCTOR - BJC-4050T-45HS (PZT-4)



Ultrasonic Cleaning Transducers

We sell high power [Ultrasonic Cleaning Transducers](#) (Ultrasonic Piezo Transducer). High efficiency and amplitude, The ultrasonic efficiency of conversion between electricity and sound is above 95%.

Type	Static Capacity (pF)	Resonance Impedance (Ω)	Length (mm)	Frequency (KHz)	Input Power (W)	Quotation (USD)
BJC-20100T-68HN PZT-8	5100	10-20	95	20	100	10
BJC-28120T-68HS PZT-4	7500	10-20	67	28	120	11
BJC-28100T-68HN PZT-8	5100	10-20	66	28	100	10
BJC-28100T-68HS PZT-4	6700	10-20	66	28	100	10
BJC-25100T-68HS PZT-4	6600	10-20	77	25	100	10
BJC-2560T-59HS PZT-4	5400	10-20	77	25	60	7
BJC-2860T-59HS PZT-8	3800	10-20	68	28	60	7
BJC-2850T-45SS PZT-4	4100	10-20	82	28	50	7
BJC-30100T-68H PZT-8	5200	10-20	61	30	100	13.5
BJC-3360T-48HS PZT-8	3800	10-20	58	33	60	8.5
BJC-4060T-49HN PZT-8	3800	10-20	55	40	60	7
BJC-4050T-45HS PZT-4	4100	10-20	54	40	50	7
BJC-4060T-48SS PZT-4	5400	10-20	56	40	60	7
BJC-5435T-38HN PZT-4	3200	10-20	36	54	35	11
BJC-6860T-49SS	3800	10-20	80	68	60	11

<u>PZT-8</u>						
<u>BJC-68120T-52SS</u> <u>PZT-4</u>	7800	10-20	67	68	120	16
<u>BJC-8060T-40SS</u> <u>PZT-4</u>	5400	10-20	60	80	60	11
<u>BJC-12060T-40SS</u> <u>PZT-4</u>	5400	10-20	56	120	60	15
<u>BJC-13550T-36SS</u> <u>PZT-4</u>	4200	10-20	54	135	50	14
<u>BJC-25(40)50T-64HS</u> <u>PZT-8</u> <u>double ferquency</u>	3800	10-20	65	25and 40	60	18.5

Anexo C-3

DISPLAY

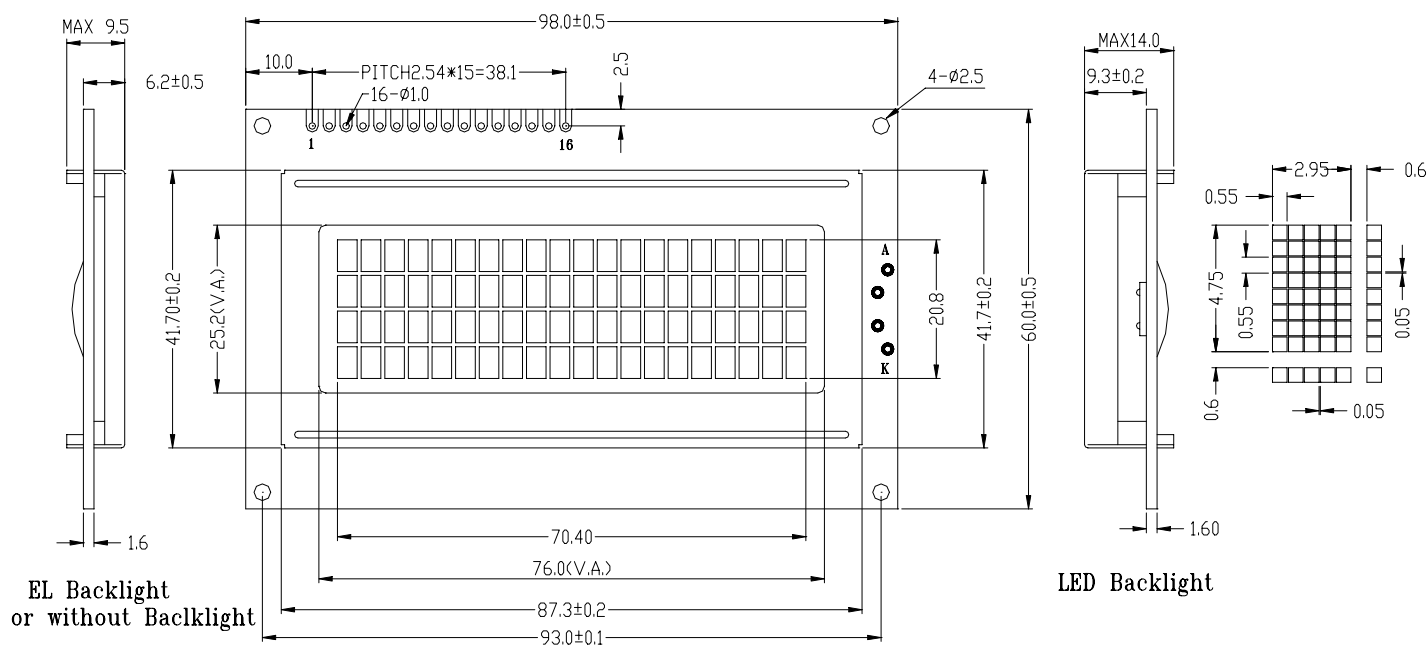
GDM2004D

SPECIFICATIONS OF LCD MODULE

Features

1. 5x8 dots
2. Built-in controller (S6A0069 or equivalent)
3. +5V power supply
4. 1/16 duty cycle
5. LED Backlight

Outline dimension

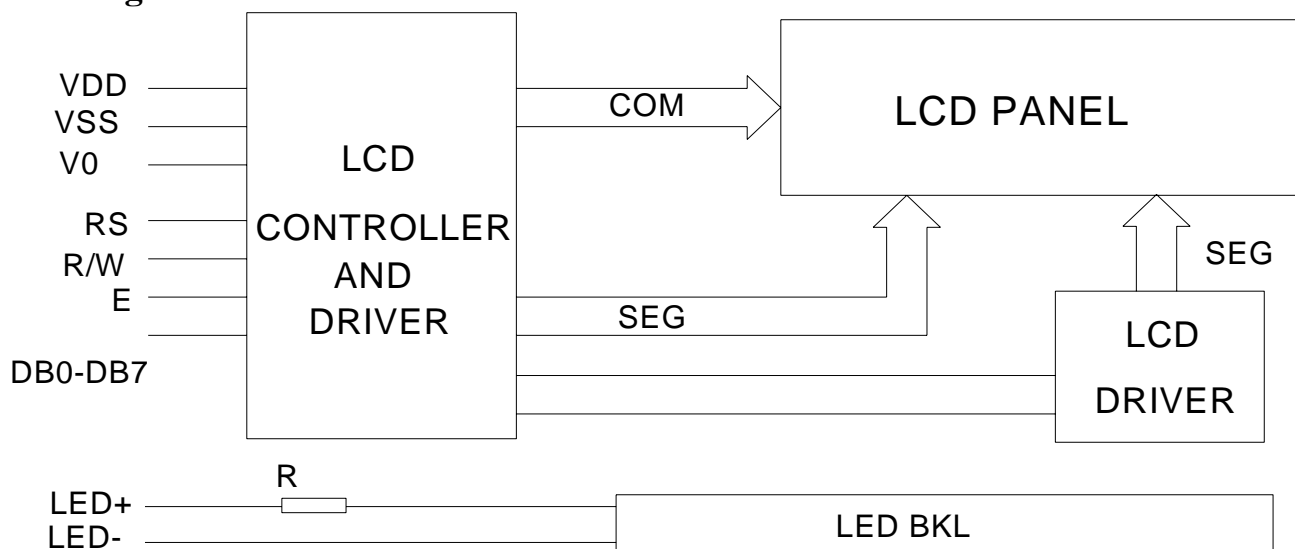


Unit: mm

Absolute maximum ratings

Item	Symbol	Standard			Unit
Power voltage	$V_{DD}-V_{SS}$	0	-	7.0	V
Input voltage	V_{IN}	V_{SS}	-	V_{DD}	
Operating temperature range	Top	0	-	+50	°C
Storage temperature range	Tst	-10	-	+60	
Environmental Humidity	$RH \leq 70\%$				
Expected Life Time	≥ 50000				H

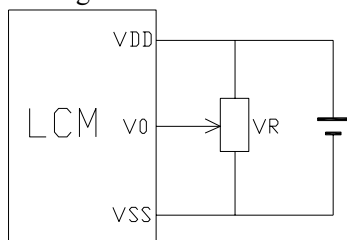
Wide temperature range is available
(operating/storage temperature as $-20 \sim +70 / -30 \sim +80^{\circ}\text{C}$)

Block diagram**Interface pin description**

Pin no.	Symbol	External connection	Function
1	V _{SS}	Power supply	Signal ground for LCM (GND)
2	V _{DD}		Power supply for logic (+5V) for LCM
3	V ₀		Contrast adjust
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/write select signal
6	E	MPU	Operation (data read/write) enable signal
7~10	DB0~DB3	MPU	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation.
11~14	DB4~DB7	MPU	Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU
15	LED+	LED BKL power Supply	Power supply for BKL (Anode)
16	LED-		Power supply for BKL (GND)

Contrast adjust

A) For Single Source



For Module with Normal Temperature Range Fluid

V_{DD}-V₀: LCD Driving voltage

VR: 10k~20k

Optical characteristics

STN type display module (Ta=25°C, VDD=5.0V)

Item	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing angle	θ	$C_r \geq 2$	-60	-	35	deg
	Φ		-40	-	40	
Contrast ratio	C_r		-	15	-	-
Response time (rise)	T_r	-	-	150	250	ms
Response time (fall)	T_r	-	-	150	250	

Electrical characteristics

LED ratings

Item	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward Voltage	V_F	3.8	4.0	4.4	V
Forward current	I_F		240		mA
Power	P			1.01	W
Peak wave length	λ_p		568		nm
Luminance	L_v		185		Cd/m ²
Operating temperature range	VOP	-20	-	+70	°C
Storage temperature range	VST	-25	-	+80	

DC characteristics

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply voltage for LCD	$V_{DD}-V_0$	Ta =25°C	-	4.6	-	V
Input voltage	V_{DD}		4.7	-	5.5	
Backlight supply voltage	V_F		-	4.1	4.3	
Supply current	I_{DD}	Ta=25°C, VDD=5.0V	-	1.5	3	mA
Backlight supply current	I_F	VDD=5.0V R=6.8	150			
Input leakage current	I_{LKG}		-	-	1.0	uA
“H” level input voltage	V_{IH}		2.2	-	V_{DD}	V
“L” level input voltage	V_{IL}	Twice initial value or less	0	-	0.6	
“H” level output voltage	V_{OH}	LOH=-0.25mA	2.4	-	-	
“L” level output voltage	V_{OL}	LOH=1.6mA	-	-	0.4	

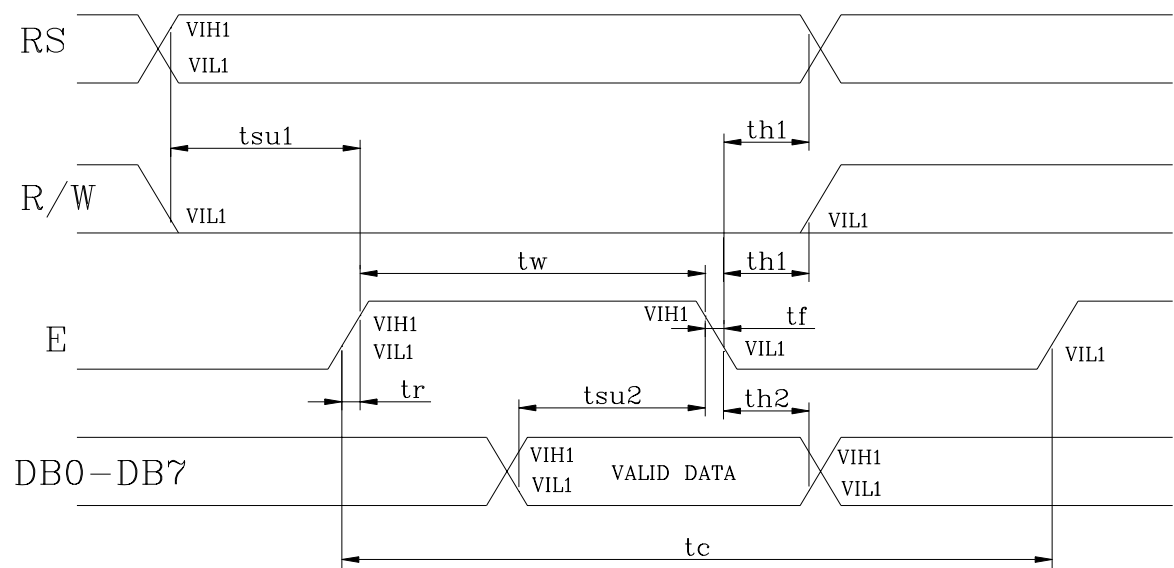
Read cycle (Ta=25°C, VDD=5.0V)

Parameter	Symbol	Test pin	Min.	Typ.	Max.	Unit
Enable cycle time	t_c	E	500	-	-	ns
Enable pulse width	t_w		300	-	-	
Enable rise/fall time	t_r, t_f		-	-	25	
RS; R/W setup time	t_{su}	RS; R/W RS; R/W	100	-	-	
RS; R/W address hold time	t_h		10	-	-	
Read data output delay	t_d	DB0~DB7	60	-	90	
Read data hold time	t_{dh}		20	-	-	

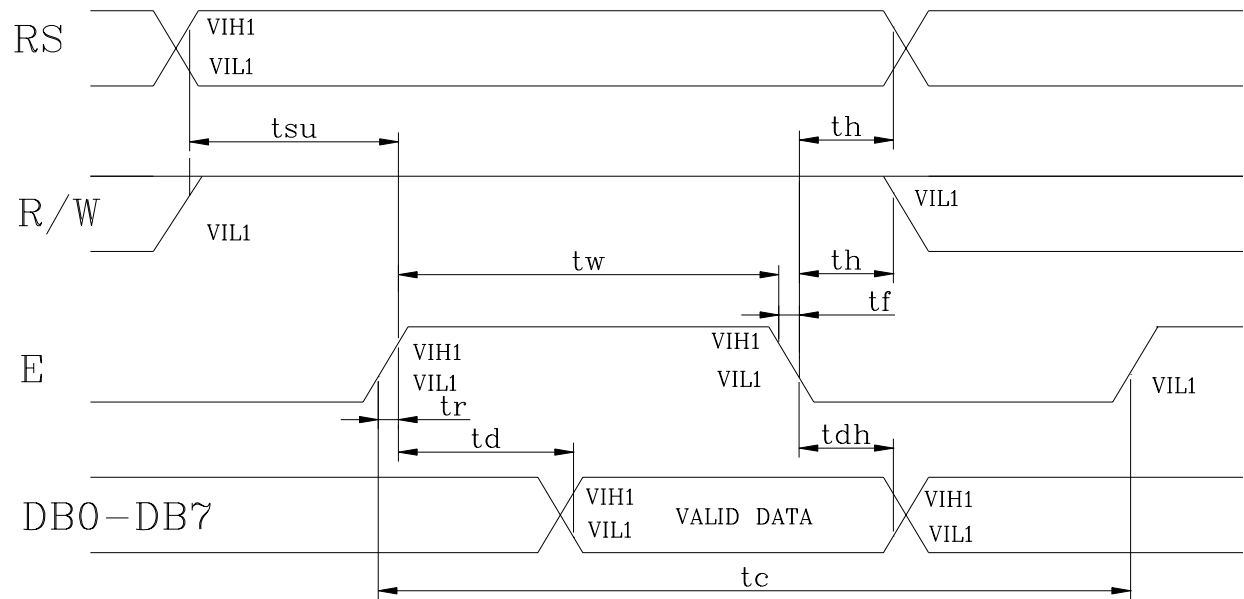
Write cycle

Parameter	Symbol	Test pin	Min.	Typ.	Max.	Unit
Enable cycle time	t_c	E	500	-	-	ns
Enable pulse width	t_w		300	-	-	
Enable rise/fall time	t_r, t_f		-	-	25	
RS; R/W setup time	t_{su1}	RS; R/W RS; R/W	100	-	-	
RS; R/W address hold time	t_{h1}		10	-	-	
Read data output delay	t_{su2}	DB0~DB7	60	-	-	
Read data hold time	t_{h2}		10	-	-	

Write mode timing diagram

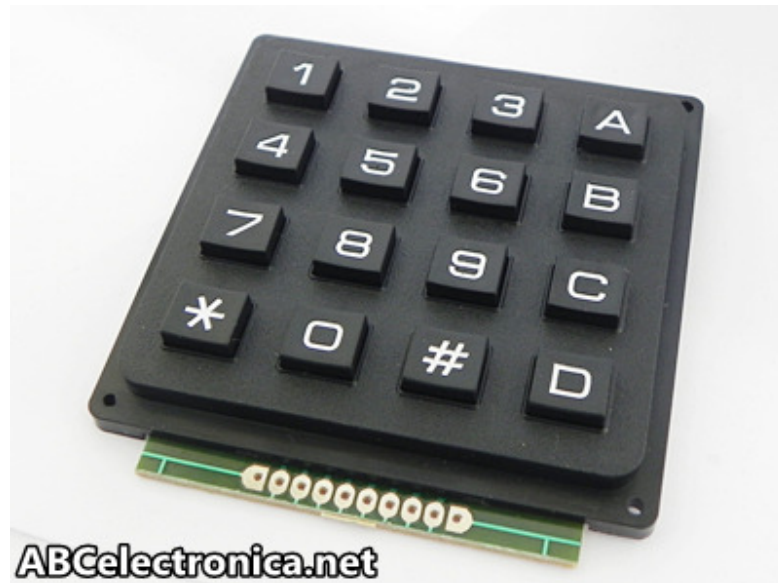


Read mode timing diagram

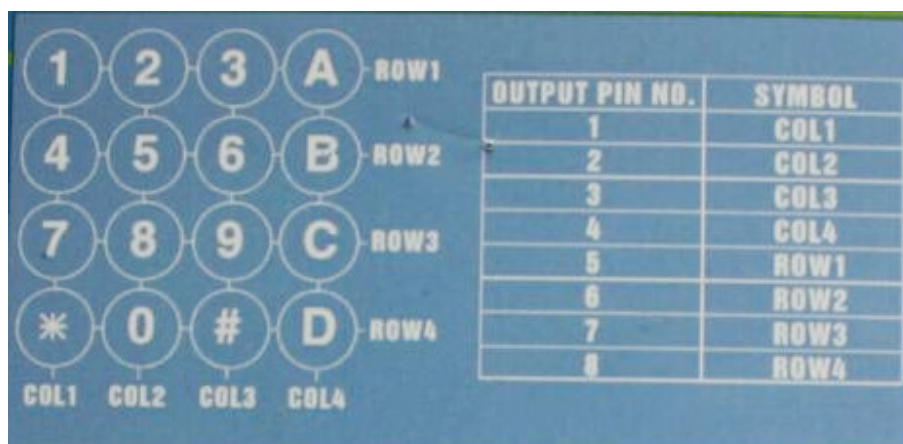


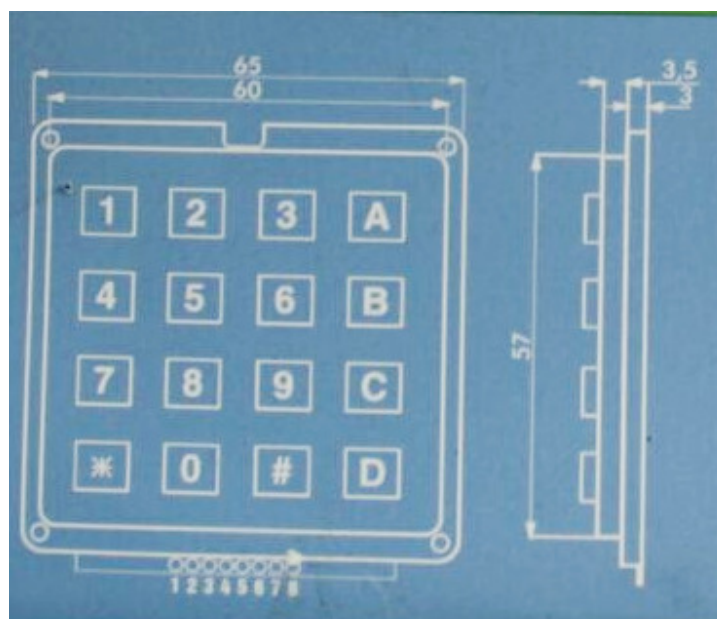
Anexo C-4

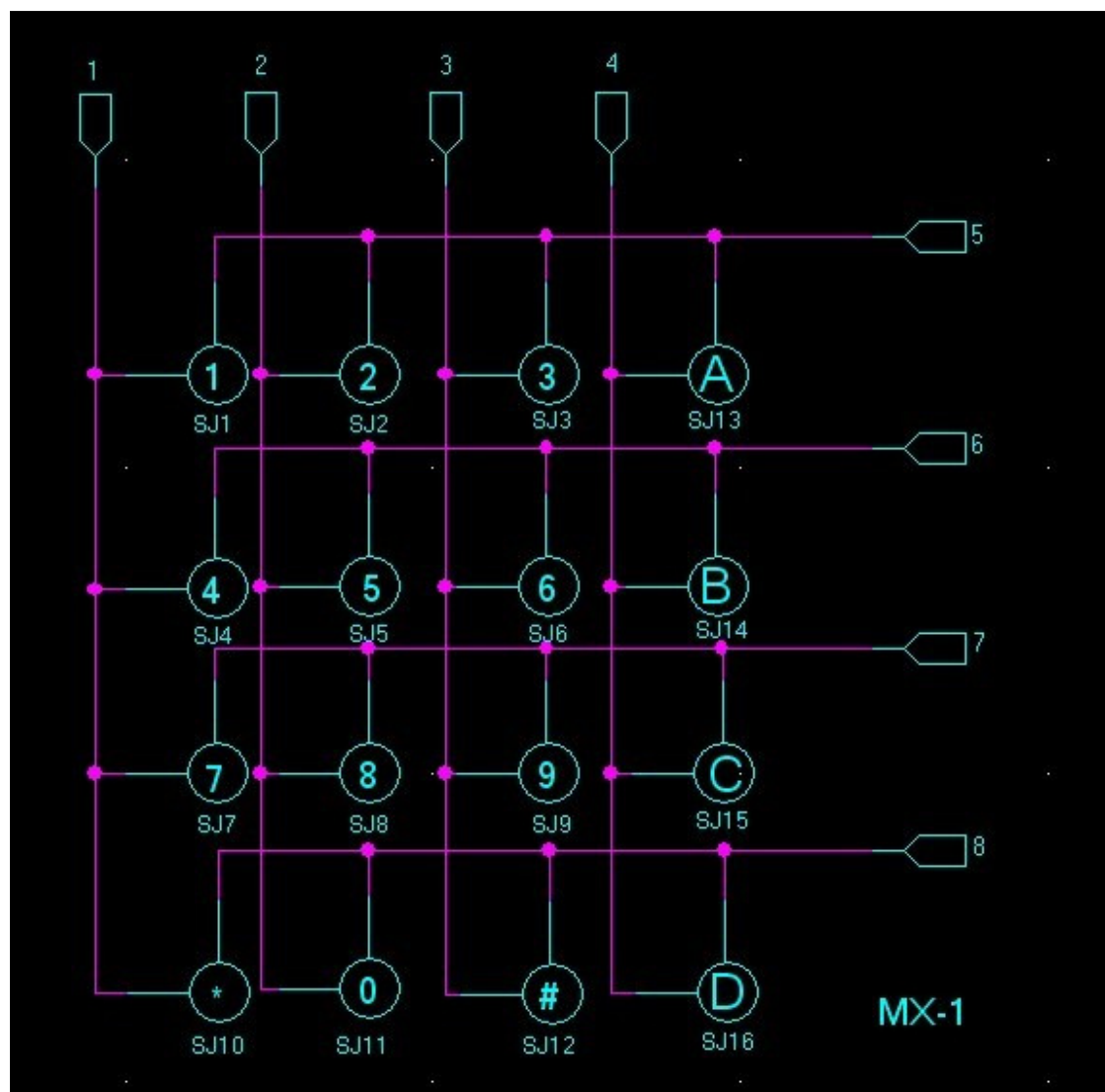
TECLADO MATRICIAL 4X4

TECLADO MATRICIAL 4X4**Características:**

- Teclado matricial de 16 teclas
- 10 números, 4 letras, el # y *
- 4 pines para columna y 4 pines para filas
- Cuerpo plástico
- Compatible con header macho 40x1
- Voltaje alimentación: 3 a 5 VDC
- Aconsejable utilizar resistencias en *pull-up*
- Medidas: 7cm x 7cm x 0.5cm (aprox)







Anexo C-5

RESISTENCIA SILICONA SRFG-304

CALENTADORES FLEXIBLES DE SILICONA CON AISLAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO

Serie SRF



- ✓ Ligero, delgado y flexible
- ✓ Disponible en 2,5; 5 y 10 W/pulg²
- ✓ Temperatura de funcionamiento de -56 a 232 (de -70 a 450 °F)
- ✓ Diseño de lámina grabada e hilo bobinado
- ✓ Forma circular o rectangular
- ✓ Disponible en 115 o 230** Vca
- ✓ Adhesivo sensible a la presión (PSA) opcional†



Los calentadores flexibles de caucho de silicona con aislamiento de fibra de vidrio OMEGALUX® pueden mejorar la transferencia de calor y acelerar el calentamiento en espacios cerrados donde se requiere un calentamiento controlado. Hay disponibles dos diseños de circuitos: lámina grabada o hilo bobinado. Los calentadores con elementos diseñados con lámina grabada se utilizan cuando las dimensiones de largo y ancho son inferiores a 305 mm (12"). Todos los demás calentadores

en los que las dimensiones de largo y ancho superan los 305 mm (12") emplean el diseño de elemento de hilo bobinado. Efecto de la densidad de potencia: un calentamiento moderado se logra con 2,5 W/pulg². Una buena

unidad multipropósito es 5 W/pulg². Un calentamiento rápido y una alta temperatura se logran con 10 W/pulg²; no obstante, se debe controlar la temperatura debido a que se puede superar el límite máximo de temperatura de funcionamiento de 232 °C (450 °F).

La Serie SRF se muestra en un tamaño inferior al real.

Calentadores circulares de caucho de silicona

Para hacer su pedido					
Diámetro en cm (pulgadas)	Potencia total de densidad del vatio			N,º de modelo sin PSA	N,º de modelo con PSA
	2,5 W/pulg ²	5 W/pulg ²	10 W/pulg ²		
7,6 (3)	17,5	35	70	SRFR-3/*	SRFR-3/*-P
10 (4)	31,4	62,8	125,6	SRFR-4/*	SRFR-4/*-P
13 (5)	49,0	98,15	196,3	SRFR-5/*	SRFR-5/*-P
15 (6)	70,67	141,3	282,7	SRFR-6/*	SRFR-6/*-P
18 (7)	96,2	192,4	384,8	SRFR-7/*	SRFR-7/*-P
20 (8)	125,65	251,3	502,6	SRFR-8/*	SRFR-8/*-P
23 (9)	157,9	315,8	631,7	SRFR-9/*	SRFR-9/*-P
25 (10)	196,25	392,5	785	SRFR-10/*	SRFR-10/*-P
28 (11)	237,45	474,9	949,8	SRFR-11/*	SRFR-11/*-P
30 (12)	376,8	753,6	1507,2	SRFR-12/*	SRFR-12/*-P

Completo de serie con manual del operador.

* Inserte la densidad del vatio: 2 para 2,5 W/pulg², 5 para 5 W/pulg² o 10 para 10 W/pulg².

** La mayoría de los tamaños está disponible en 230V. Póngase en contacto con el Departamento de ingeniería.

† Calentadores con adhesivo sensible a la presión: la temperatura de funcionamiento máxima es de 149 °C (300 °F).

Ejemplos de pedidos: SRFR-3/10, calentador de 7,6 cm (3") de diámetro con una densidad del vatio de 10 W/pulg² y 70 vatios de potencia total. SRFR-11/10, calentador de 28 cm (11") de diámetro con vatíaje de 10 W/pulg², 949 vatios.

PRECAUCIÓN Y ADVERTENCIA

Puede existir riesgo de incendio y descarga eléctrica si los productos se utilizan de manera inadecuada o son instalados o utilizados por personal no cualificado. Consulte la contraportada interior para ver advertencias adicionales.

Calentadores rectangulares de caucho de silicona

Para hacer su pedido						
Ancho, cm (")	Largo, cm (")	Potencia total de densidad del vatio			N.º de modelo sin PSA	N.º de modelo con PSA
		2,5 W/pulg²	5 W/pulg²	10 W/pulg²		
2,5 (1)	2,5 (1)	—	—	10	SRFG-101/10	SRFG-101/10-P
2,5 (1)	5 (2)	5	10	—	SRFG-102/*	SRFG-102/*-P
2,5 (1)	7,6 (3)	7,5	15	30	SRFG-103/*	SRFG-103/*-P
2,5 (1)	10 (4)	10	20	40	SRFG-104/*	SRFG-104/*-P
2,5 (1)	13 (5)	12,5	25	50	SRFG-105/*	SRFG-105/*-P
2,5 (1)	15 (6)	15	30	60	SRFG-106/*	SRFG-106/*-P
2,5 (1)	18 (7)	17,5	35	70	SRFG-107/*	SRFG-107/*-P
2,5 (1)	20 (8)	20	40	80	SRFG-108/*	SRFG-108/*-P
2,5 (1)	23 (9)	22,5	45	90	SRFG-109/*	SRFG-109/*-P
2,5 (1)	25 (10)	25	50	100	SRFG-110/*	SRFG-110/*-P
2,5 (1)	28 (11)	27,5	55	110	SRFG-111/*	SRFG-111/*-P
2,5 (1)	30 (12)	30	60	120	SRFG-112/*	SRFG-112/*-P
2,5 (1)	46 (18)	45	90	180	SRFG-118/*	SRFG-118/*-P
2,5 (1)	61 (24)	60	120	240	SRFG-124/*	SRFG-124/*-P
2,5 (1)	76 (30)	75	150	300	SRFG-130/*	SRFG-130/*-P
2,5 (1)	91 (36)	90	180	360	SRFG-136/*	SRFG-136/*-P
2,5 (1)	107 (42)	105	210	420	SRFG-142/*	SRFG-142/*-P
2,5 (1)	122 (48)	120	240	480	SRFG-148/*	SRFG-148/*-P
5 (2)	5 (2)	10	20	40	SRFG-202/*	SRFG-202/*-P
5 (2)	7,6 (3)	15	30	60	SRFG-203/*	SRFG-203/*-P
5 (2)	10 (4)	20	40	80	SRFG-204/*	SRFG-204/*-P
5 (2)	13 (5)	25	50	100	SRFG-205/*	SRFG-205/*-P
5 (2)	15 (6)	30	60	120	SRFG-206/*	SRFG-206/*-P
5 (2)	18 (7)	35	70	140	SRFG-207/*	SRFG-207/*-P
5 (2)	20 (8)	40	80	160	SRFG-208/*	SRFG-208/*-P
5 (2)	23 (9)	45	90	180	SRFG-209/*	SRFG-209/*-P
5 (2)	25 (10)	50	100	200	SRFG-210/*	SRFG-210/*-P
5 (2)	28 (11)	55	110	220	SRFG-211/*	SRFG-211/*-P
5 (2)	30 (12)	60	120	240	SRFG-212/*	SRFG-212/*-P
5 (2)	46 (18)	90	180	360	SRFG-218/*	SRFG-218/*-P
5 (2)	61 (24)	120	240	480	SRFG-224/*	SRFG-224/*-P
5 (2)	76 (30)	150	300	600	SRFG-230/*	SRFG-230/*-P
5 (2)	91 (36)	180	360	720	SRFG-236/*	SRFG-236/*-P
5 (2)	107 (42)	210	420	840	SRFG-242/*	SRFG-242/*-P
5 (2)	122 (48)	240	480	960	SRFG-248/*	SRFG-248/*-P
7,6 (3)	7,6 (3)	22,5	45	90	SRFG-303/*	SRFG-303/*-P
7,6 (3)	10 (4)	30	60	120	SRFG-304/*	SRFG-304/*-P
7,6 (3)	13 (5)	37,5	75	150	SRFG-305/*	SRFG-305/*-P
7,6 (3)	15 (6)	45	90	180	SRFG-306/*	SRFG-306/*-P
7,6 (3)	18 (7)	52,5	105	210	SRFG-307/*	SRFG-307/*-P
7,6 (3)	20 (8)	60	120	240	SRFG-308/*	SRFG-308/*-P
7,6 (3)	23 (9)	67,5	135	270	SRFG-309/*	SRFG-309/*-P
7,6 (3)	25 (10)	75	150	300	SRFG-310/*	SRFG-310/*-P
7,6 (3)	28 (11)	82,5	165	330	SRFG-311/*	SRFG-311/*-P
7,6 (3)	30 (12)	90	180	360	SRFG-312/*	SRFG-312/*-P

Completo de serie con manual del operador.

* Inserte la densidad del vatio: 2 para 2,5 W/pulg², 5 para 5 W/pulg² o 10 para 10 W/pulg².

** La mayoría de los tamaños está disponible en 230V. Póngase en contacto con el Departamento de venta de calentadores y de ingeniería.

Ejemplos de pedidos: SRFG-208/5-P, calentador de 5 x 20 cm (2 x 8") con una densidad del vatio de 5 W/pulg², salida de potencia nominal total de 80 vatios, con adhesivo sensible a la presión opcional.

SRFG-208/10, 10 W/pulg², 160 vatios.

Nota: los calentadores solo están disponibles en los vatios en los que se indica la potencia total. Calentadores con adhesivo sensible a la presión: la temperatura de funcionamiento máxima es de 149 °C (300 °F).

Anexo C-6

VÁLVULA SOLENOIDE 2W-365-30-AC110V

Solenoid Valve

2W Brass Series 2-Way Direct Acting Solenoid Valve Normally Closed

● The Professional Solenoid Valves Manufactory

2W **160** **15** **AC220V** **V**

2 Way Direct Acting Orifice Pipe Size Available Voltage

AC:110V
AC:220V
DC :24V
Contact the Factory for Others

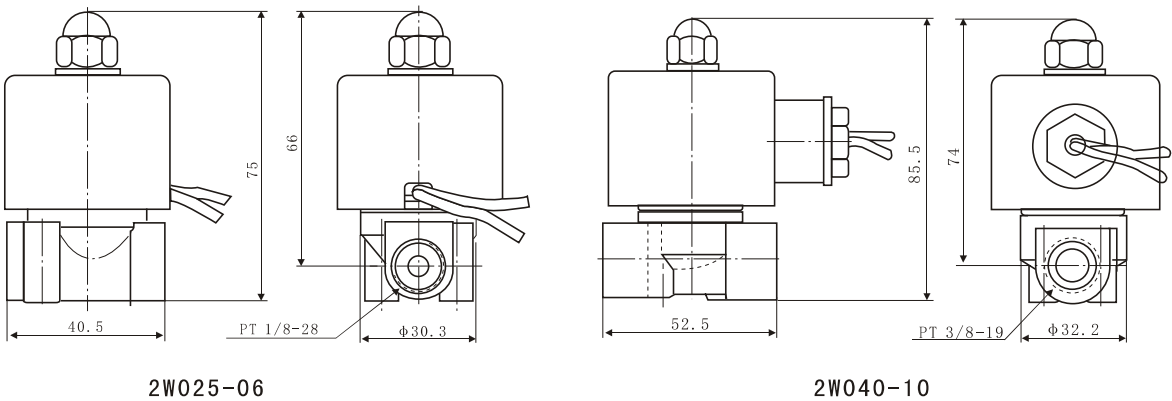
Blank:NBR
V:For High Temp.



Specifications

Model code	2W025-06	2W025-08	2W040-10	2W160-10	2W160-15	2W200-20	2W250-25	2W350-35	2W400-40	2W500-50
Symbol										
Fluid Media	Air, Water, Oil, Gas									
Operating Mode	Direct Acting									
Type	Normally Closed									
Orifice	2.5	4	16	20	25	35	40	50		
Cv Factor	0.23	0.6	4.8	7.6	12	24	29	48		
Pipe Size	1/8"	1/4"	3/8"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Viscosity	Under 20CTS									
Operating Pressure	Water:0~7 Air:0~7 Oil:0~5									
Fluids Temp.	-5~80℃									
Available Voltage	± 10%									
Body Material	Brass									
Seals Material	NBR or VITON									

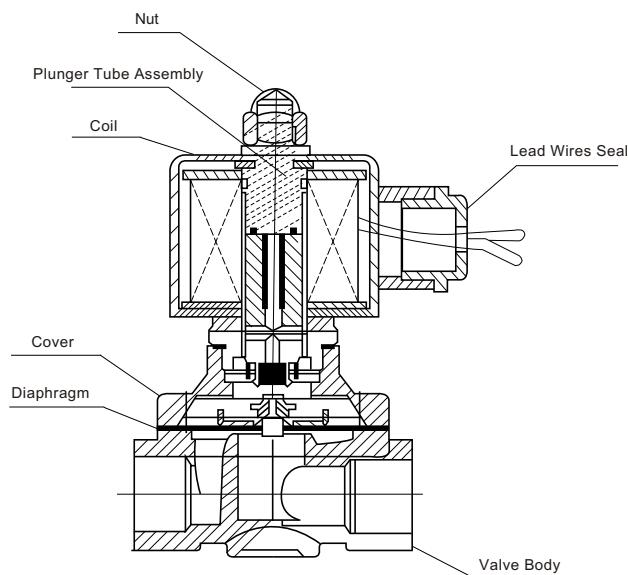
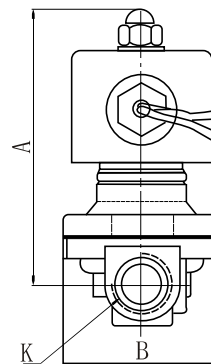
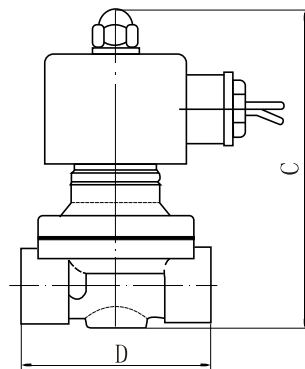
Construction Dimensions Chart



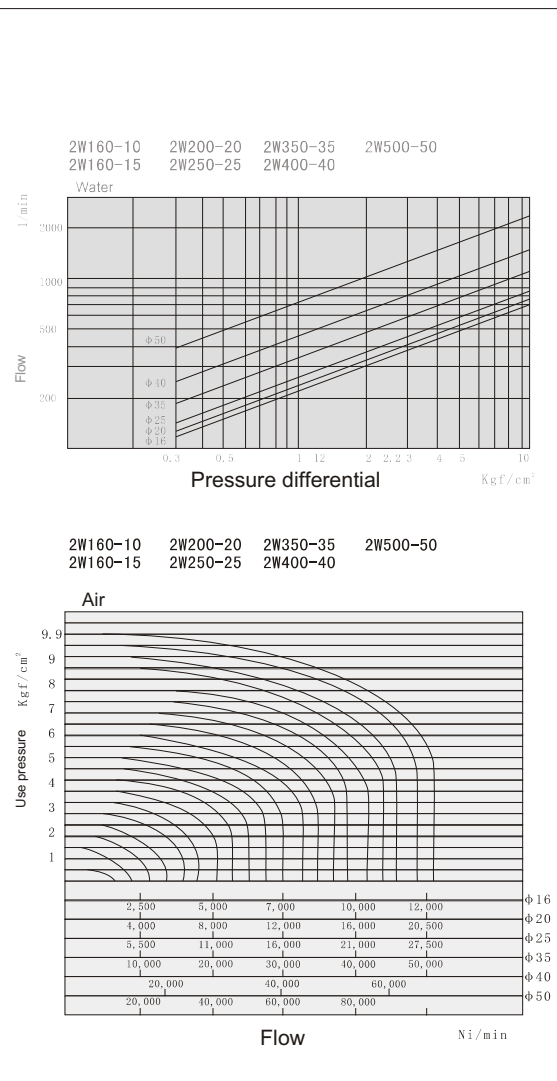
2W Brass Series 2-Way Direct Acting Solenoid Valve Normally Closed

●The Professional Solenoid Valves Manufactory

Construction Dimensions Chart



Fluid Flow Chart



Technical Parameter

Model code	A	B	C	D	K
2W160-10	101.5	57	117	69	PT 3/8"
2W160-15	101.5	57	117	69	PT 1/2"
2W260-20	107	57	123.5	73	PT 3/4"
2W260-25	111.5	73.5	134.5	99	PT 1"
2W360-35	142	95	172	112	PT1 1/4"
2W460-40	142	95	172	123	PT1 1/2"
2W560-50	172	123	209	168	PT2"